

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Herr  
**Manuel Kröll**

**Wirtschaftlichkeitsberechnung  
von Investitionsmöglichkeiten  
zur Kostensenkung in der  
Schaltschrankfertigung**

Mittweida, 2016



# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Wirtschaftlichkeitsberechnung von Investitionsmöglichkeiten zur Kostensenkung in der Schaltschrankfertigung**

Autor:

**Herr**

**Manuel Kröll**

Studiengang:

**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:

**KW11wiA-F**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Hollidt**

Einreichung:

**Mittweida, Juli 2016**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2016**

# **DIPLOMA THESIS**

---

## **Economy calculation of investment opportunities to reduce costs in the cabinet manufacturing**

author:

**Mr.**

**Manuel Kröll**

course of studies:

**industrial engineering and management**

seminar group:

**KW11wiA-F**

first examiner:

**Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling**

second examiner:

**Prof. Dr. rer. pol. Andreas Hollidt**

submission:

**Mittweida, July 2016**

defence/ evaluation:

**Mittweida, 2016**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Kröll, Manuel:

Wirtschaftlichkeitsberechnung von Investitionsmöglichkeiten zur Kostensenkung in der Schaltschrankfertigung - 2016 - 66 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2016

## **Referat:**

In der vorliegenden Diplomarbeit werden verschiedene Investitionsmöglichkeiten zur Kostensenkung in der Schaltschrankfertigung verglichen. Dafür werden mit geeigneten Investitionsrechenverfahren die Einsparungspotentiale der Investitionen gegenüber der manuellen Bearbeitung ohne Maschineneinsatz aufgezeigt. Am Ende wird das Ergebnis bewertet und Maßnahmen zur Kostensenkung festgelegt.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>1      Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Problemstellung.....</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Zielsetzung.....</i>	<i>2</i>
1.3 <i>Methodisches Vorgehen.....</i>	<i>3</i>
<b>2      Theoretische Grundlagen .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Einordnung in die Betriebswirtschaftslehre .....</i>	<i>5</i>
2.2 <i>Der Investitionsbegriff.....</i>	<i>7</i>
2.3 <i>Investitionsziele .....</i>	<i>8</i>
2.4 <i>Investitionsarten .....</i>	<i>9</i>
2.5 <i>Investitionsrechnung .....</i>	<i>10</i>
2.5.1 <i>Statische Investitionsrechenverfahren .....</i>	<i>12</i>
2.5.1.1 <i>Kostenvergleichsrechnung .....</i>	<i>12</i>
2.5.1.2 <i>Gewinnvergleichsrechnung .....</i>	<i>14</i>
2.5.1.3 <i>Rentabilitätsvergleichsrechnung.....</i>	<i>15</i>
2.5.1.4 <i>Amortisationszeitvergleichsrechnung .....</i>	<i>16</i>
2.5.1.5 <i>Berechnungsbeispiel .....</i>	<i>17</i>
2.5.2 <i>Dynamische Investitionsrechenverfahren .....</i>	<i>19</i>
2.5.2.1 <i>Kapitalwertmethode.....</i>	<i>22</i>
2.5.2.2 <i>Interne Zinssatzmethode .....</i>	<i>23</i>
2.5.2.3 <i>Annuitätenmethode .....</i>	<i>24</i>
2.5.2.4 <i>Berechnungsbeispiel .....</i>	<i>24</i>
<b>3      Schaltschrankfertigung .....</b>	<b>27</b>
3.1 <i>Einordnung in den Herstellungsprozess einer Anlage .....</i>	<i>27</i>
3.2 <i>Herstellungsprozess eines Schaltschranks.....</i>	<i>28</i>
3.3 <i>Phasen der Schaltschrankfertigung.....</i>	<i>30</i>
3.3.1 <i>Grundaufbau .....</i>	<i>30</i>

3.3.2	Bestückung .....	34
3.3.3	Verdrahtung .....	35
3.3.4	Prüfung .....	36
<b>4</b>	<b>Investitionsentscheidung .....</b>	<b>37</b>
4.1	<i>Investitionsalternativen</i> .....	37
4.1.1	Bearbeitungszentrum .....	37
4.1.2	Zuschnittzentrum .....	38
4.1.3	Crimpwerkzeug .....	39
4.2	<i>Bearbeitungszentrum</i> .....	40
4.2.1	Einordnung in den Herstellungsprozess .....	40
4.2.2	Bestimmung der Ausgangsdaten .....	40
4.2.3	Berechnungen .....	48
4.2.3.1	Kostenvergleichsrechnung mit konstanter Anzahl der Schaltschränke .....	48
4.2.3.2	Kapitalbarwertmethode mit konstanter Anzahl der Schaltschränke .....	48
4.2.3.3	Kostenvergleichsrechnung mit steigender Anzahl der Schaltschränke .....	49
4.2.3.4	Kapitalbarwertmethode mit steigender Anzahl der Schaltschränke .....	50
4.3	<i>Zuschnittzentrum</i> .....	51
4.3.1	Einordnung in den Herstellungsprozess .....	51
4.3.2	Bestimmung der Ausgangsdaten .....	51
4.3.3	Berechnungen .....	53
4.3.3.1	Kostenvergleichsrechnung mit konstanter Anzahl der Schaltschränke .....	53
4.3.3.2	Kapitalbarwertmethode mit konstanter Anzahl der Schaltschränke .....	54
4.3.3.3	Kostenvergleichsrechnung mit steigender Anzahl der Schaltschränke .....	54
4.3.3.4	Kapitalbarwertmethode mit steigender Anzahl der Schaltschränke .....	55
4.4	<i>Crimpwerkzeug</i> .....	56
4.4.1	Einordnung in den Herstellungsprozess .....	56
4.4.2	Bestimmung der Ausgangsdaten .....	56
4.4.3	Berechnungen .....	57
4.4.3.1	Kostenvergleichsrechnung mit konstanter Anzahl der Schaltschränke .....	57
4.4.3.2	Kapitalbarwertmethode mit konstanter Anzahl der Schaltschränke .....	58
4.4.3.3	Kostenvergleichsrechnung mit steigender Anzahl der Schaltschränke .....	58
4.4.3.4	Kapitalbarwertmethode mit steigender Anzahl der Schaltschränke .....	59
4.5	<i>Wirtschaftliche Betrachtung der Ergebnisse</i> .....	59
<b>5</b>	<b>Schluss .....</b>	<b>63</b>
5.1	<i>Ergebnis</i> .....	63
5.2	<i>Maßnahmen</i> .....	64



---

<b>Literatur .....</b>	<b>65</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>69</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Firmengebäude Ebbs / Österreich .....	1
Abbildung 2: Logo 3CON Anlagenbau GmbH .....	2
Abbildung 3: Gliederung der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre .....	6
Abbildung 4: Übersicht Investitionsrechenverfahren.....	11
Abbildung 5: Durchschnittlich gebundenes Kapital.....	16
Abbildung 6: Barwert bei einmaliger Zahlung .....	19
Abbildung 7: Barwert bei mehrmaliger Zahlung.....	19
Abbildung 8: Endwert bei einmaliger Zahlung .....	20
Abbildung 9: Endwert bei mehrmaliger Zahlung .....	20
Abbildung 10: Zahlung eines jetzt fälligen Betrages .....	21
Abbildung 11: Zahlung eines später fälligen Betrages.....	21
Abbildung 12: Herstellungsprozess Anlage .....	28
Abbildung 13: Herstellungsprozess Schaltschrank.....	30
Abbildung 14: Übersicht der Aufbauplanung .....	31
Abbildung 15: Montageausschnitt Kühlgerät .....	32
Abbildung 16: Montageplatte mit Tragschienen und Kabelkanälen .....	33
Abbildung 17: Montageplatte mit Bauteilen .....	34
Abbildung 18: Crimpvorgang.....	35
Abbildung 19: Bild Bearbeitungszentrum .....	38
Abbildung 20: Bild Zuschnittzentrum .....	39

Abbildungsverzeichnis	V
Abbildung 21 : Bild Crimpwerkzeug.....	40
Abbildung 22 : Innen- und Außenansicht Tür mit Kühlgerät.....	41
Abbildung 23: Innen- und Außenansicht Tür mit Hauptschalter .....	42
Abbildung 24: Innen- und Außenansicht Seitenwand .....	43
Abbildung 25: Außenansicht Dachblech mit Bremswiderstand .....	44
Abbildung 26: Ansicht Montageplatte mit Bauteile .....	45
Abbildung 27: Tragschiene.....	51
Abbildung 28: Kabelkanal.....	52

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Berechnungsbeispiel statische Investitionsrechnung .....	18
Tabelle 2 : Lösung statische Investitionsrechnung .....	18
Tabelle 3: Berechnungsbeispiel dynamische Investitionsrechnung .....	24
Tabelle 4: Lösung dynamische Investitionsrechnung .....	25
Tabelle 5 : Anzahl der produzierten Schaltschränke mit zwei-prozentiger Steigerung .....	47
Tabelle 6: Ausgangsdaten Bearbeitungszentrum .....	47
Tabelle 7: Ausgangsdaten Zuschnittzentrum .....	53
Tabelle 8: Ausgangsdaten Crimpwerkzeug .....	57
Tabelle 9: Ergebnisse Berechnungen Bearbeitungszentrum .....	59
Tabelle 10: Ergebnisse Berechnungen Zuschnittzentrum .....	60
Tabelle 11: Ergebnisse Berechnungen Crimpwerkzeug .....	61

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Die 3CON Anlagenbau GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen, welches sich zu einem etablierten Lieferanten in der Automobilindustrie entwickelt hat. Spezialisiert hat sich das Unternehmen auf die Entwicklung und Produktion von Sondermaschinen und Werkzeugen zur Verarbeitung von Bauteilen für den Innenraum von Fahrzeugen. In verschiedenen Bereichen gehört die 3CON Anlagenbau GmbH zu den Weltmarktführern und die Produkte werden weltweit in Produktionsstätten von Autoherstellern eingesetzt. Im Unternehmen sind derzeit etwa 200 Mitarbeiter beschäftigt. Neben den Hauptniederlassungen in Ebbs (Österreich) und Oberaudorf (Deutschland) gibt es seit 2014 weitere Service- und Vertriebsniederlassungen in Laufen (Deutschland), Shanghai (China) und seit 2015 auch in Wixom (USA). Die gesamte Produktion ist am Standort Ebbs angesiedelt, wo im Jahr 2013 das neue Fertigungs- und Innovationszentrum errichtet und eröffnet wurde. Das Unternehmen wird geleitet vom Gründer und Geschäftsführer Ing. Hannes Auer.<sup>1</sup>



**Abbildung 1: Firmengebäude Ebbs / Österreich<sup>2</sup>**

Das Unternehmen produziert verschiedenste Anlagen für unterschiedliche Anwendungen. Die Produktpalette bietet Anlagen zum Kaschieren, Fügen, Stanzen und Schneiden von

---

<sup>1</sup> Vgl. 3CON Anlagenbau GmbH, <http://3con.de/Unternehmen/Historie> (23.06.2016).

<sup>2</sup> Vgl. 3CON Anlagenbau GmbH, <http://3con.de/Downloads/Bildmaterial> (23.06.2016).

Interieur Bauteilen in der Automobilindustrie. Zudem werden auch Roboterapplikationen und Montagelinien zur Bearbeitung verschiedenster Baugruppen entwickelt und gefertigt.



Abbildung 2: Logo 3CON Anlagenbau GmbH<sup>3</sup>

Für diese einzelnen Anwendungen werden aufgrund unterschiedlicher Anforderungen und Komplexität für jede Anlage unterschiedliche Schaltschränke produziert. Durch ständige Standardisierung sehen diese Schaltschränke vom Aufbau oft ziemlich ähnlich aus, jedoch haben fast alle ihre Besonderheiten und sind dadurch Unikate. Die Fertigung dieser Schaltschränke passiert zum größten Teil unter enormen Zeitdruck, da die Liefer- und Produktionstermine der Kunden einzuhalten sind. Durch die Unterschiede der einzelnen Schränke sind diese Termine meist nur durch den Einsatz von Überstunden oder externen Dienstleistern zu schaffen. Durch die Überstundenzuschläge bzw. die Kosten für eine externe Fertigung der Schaltschränke, die dadurch zu zahlen sind, entsteht ein Mehraufwand und steigert deshalb die Fertigungskosten für den Schaltschrank. Somit wird der Deckungsbeitrag einzelner Projekte kleiner und schmälert den Gewinn des Unternehmens.

## 1.2 Zielsetzung

Aufgrund dieser erhöhten Fertigungskosten in der Schaltschrankproduktion sollen in dieser Arbeit verschiedene Investitionsmöglichkeiten betrachtet werden, um die Kosten zu senken.

Unter Anwendung verschiedener Investitionsrechenverfahren soll eine Grundlage zur Bewertung der unterschiedlichen Investitionsmöglichkeiten für das Unternehmen geschaffen werden. Die einzelnen Alternativen sollen mithilfe der statischen und dynamischen Investitionsrechenverfahren anschaulich dargestellt werden.

Ziel dieser Arbeit ist eine wirtschaftliche Beurteilung der unterschiedlichen Investitionsmöglichkeiten, um damit eine Entscheidungshilfe zwischen den einzelnen Investitionsmöglichkeiten zu generieren und Maßnahmen zur Kostensenkung in der Schaltschrankfertigung zu setzen.

---

<sup>3</sup> Vgl. 3CON Anlagenbau GmbH „Logo blau RGB“, <http://3con.de/Downloads/Bildmaterial> (23.06.2016).

### 1.3 Methodisches Vorgehen

Die Arbeit beginnt mit der Einleitung in der die Problemstellung erläutert und das Ziel erklärt wird. Im Hauptteil wird zuerst eine Einordnung der Arbeit in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre gemacht. Anschließend erfolgt eine Erläuterung des Investitionsbegriffs, von Investitionszielen und verschiedenen Investitionsarten. Danach erfolgt eine Betrachtung verschiedener statischer und dynamischer Investitionsrechenverfahren. Darauf folgt eine Einführung in die Schaltschrankfertigung beginnend mit einer Einordnung in den Herstellungsprozess einer Anlage. Zudem wird der Herstellungsprozess eines Schaltschranks betrachtet und die einzelnen Phasen in der Schaltschrankfertigung erklärt. Nach diesen Erklärungen erfolgt eine Vorstellung der einzelnen Investitionsalternativen. Jede der Alternativen wird in den Herstellungsprozess der Schaltschrankfertigung eingeordnet. Ebenso werden die einzelnen Ausgangsdaten beschrieben und die Wirtschaftlichkeitsberechnungen zu den Investitionsobjekten durchgeführt. Im Anschluss daran erfolgt eine wirtschaftliche Betrachtung aller Ergebnisse. Zum Schluss wird noch einmal das Ergebnis der Berechnungen ausgewertet. Zudem werden Maßnahmen zur Investitionsentscheidung der einzelnen Investitionsalternativen festgelegt.





## 2 Theoretische Grundlagen

Dieses Kapitel stellt einen Überblick der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre dar und ordnet diese Arbeit in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre ein. Zudem werden unterschiedliche Verfahren der Investitionsrechnung erläutert.

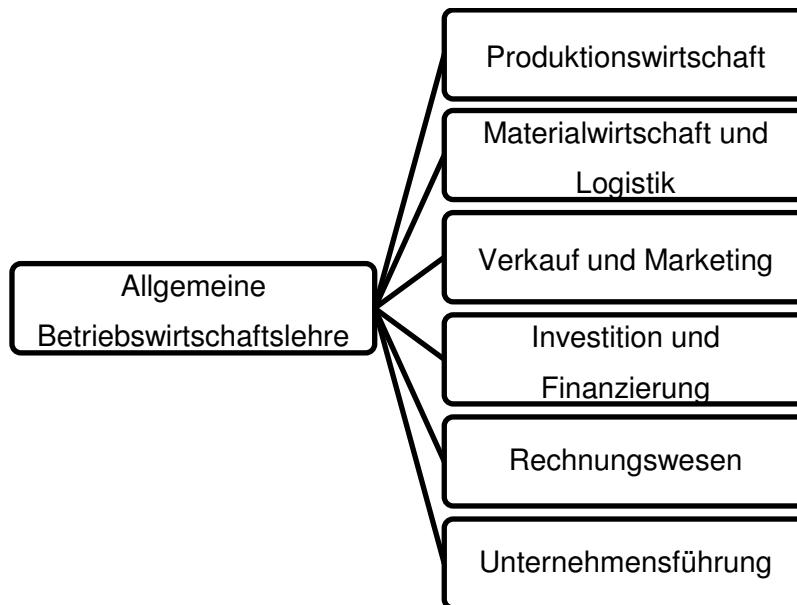
### 2.1 Einordnung in die Betriebswirtschaftslehre

Die allgemeine Betriebswirtschaftslehre, als Teilgebiet der Betriebswirtschaftslehre, befasst sich mit den übergreifenden Aspekten die durch die unternehmerischen Handlungen in Betrieben auftreten. Die Abgrenzung zur speziellen Betriebswirtschaftslehre ist unscharf. Dieser Teilbereich der Betriebswirtschaftslehre geht auf die Besonderheiten der einzelnen Wirtschaftszweige ein, wie zum Beispiel auf die der Banken oder Industriebetrieben.<sup>4</sup>

Für eine strukturierte Betrachtung der einzelnen Themengebiete in der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre wird diese noch untergliedert. Dazu wird sehr oft ein funktionsorientierter Ansatz von Einheiten in Unternehmen gewählt. Eine mögliche Gliederung ist in Abbildung 3 ersichtlich.

---

<sup>4</sup> Vgl. Thommen, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/3151/allgemeine-%20betriebswirtschaftslehre-v5.html> (24.06.2016).



**Abbildung 3: Gliederung der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre<sup>5</sup>**

### **Produktionswirtschaft**

Zentrale Aufgaben dieses Bereichs sind die Optimierung der Produktionskosten, die Produktionsplanung und die Planung von Produktionsabläufen.<sup>6</sup>

### **Materialwirtschaft und Logistik**

Hier beschäftigt man sich mit der Beschaffung, der Lagerung, des Transports, der Verpackung und Kommissionierung von Gütern in Betrieben.<sup>7</sup>

### **Verkauf und Marketing**

Ziel ist durch den Einsatz der vier Marketinginstrumente (Produkt, Distribution, Konditionen und Kommunikation) Kundenbedürfnisse für das Produkt zu schaffen, um den Absatz zu steigern und dadurch den Gewinn zu vergrößern.<sup>8</sup>

---

<sup>5</sup> Vgl. Domschke / Scholl (2005), S. 21.

<sup>6</sup> Vgl. Domschke / Scholl (2005), S. 103.

<sup>7</sup> Vgl. Domschke / Scholl (2005), S. 135.

<sup>8</sup> Vgl. Thommen / Achleitner (2012), S. 127.

## **Investition und Finanzierung**

Dieser Bereich umfasst die Bewertung von Investitionen, sowie die Erhebung von Möglichkeiten zur Finanzierung dieser Investitionen.<sup>9</sup>

## **Rechnungswesen**

Das Rechnungswesen stellt die wertmäßigen Finanz- und Leistungsflüsse in einem Unternehmen dar.<sup>10</sup>

## **Unternehmensführung**

Dieser Bereich beschäftigt sich mit der Planung, Steuerung und Kontrolle aller für das Unternehmen notwendiger Einzelprozesse. In der Unternehmensführung kann weiter unterteilt werden in die Bereiche der Organisation, des Personals, des Controllings und des Informationsmanagements.<sup>11</sup>

Diese Arbeit gliedert sich in das Teilgebiet der Investition und Finanzierung ein. Die Durchführung von Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist dem Bereich der Investition zuzuordnen, welcher sich mit der Kapitalverwendung beschäftigt. Im Gegensatz dazu ist die Aufgabe der Finanzierung die Kapitalbeschaffung.

## **2.2 Der Investitionsbegriff**

Wie bereits erwähnt wird eine Investition als Kapitalverwendung beschrieben. Damit erfolgt bei der Durchführung einer Investition eine Kapitalbindung in Sachgüter oder Rechte. In der Betriebswirtschaftslehre gibt es verschiedene Ansichten einer Investition. Es wird unterschieden in den vermögensbestimmten, den kombinationsbestimmten und den zahlungsbestimmten Investitionsbegriff.<sup>12</sup>

Der vermögensbestimmte Investitionsbegriff bezeichnet die Umwandlung von Kapital in Vermögen. Wobei der Vermögensbegriff von Anlagevermögen zur Produktion bis hin zu jeglichen Vermögenswerten auf der Aktiv-Seite der Bilanz sehr weit gefasst werden kann.<sup>13</sup>

---

<sup>9</sup> Vgl. Domschke / Scholl (2005), S. 249.

<sup>10</sup> Vgl. Domschke / Scholl (2005), S. 299.

<sup>11</sup> Vgl. Domschke / Scholl (2005), S. 342.

<sup>12</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 26.

<sup>13</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 26.

Unter dem kombinationsbestimmten Investitionsbegriff versteht man die Kombination von beschafften Investitionsgütern miteinander bzw. die Eingliederung in bereits vorhandene Investitionsobjekte.<sup>14</sup>

Der zahlungsbestimmte Investitionsbegriff beruft sich auf Auszahlungen für Vermögensteile. Ähnlich der vermögensbestimmten Auffassung kann der Vermögensbegriff weit gedehnt werden. Das heißt bei einer ähnlich weiten Auslegung kommen sich der vermögensbestimmte und der zahlungsbestimmte Investitionsbegriff sehr nahe.<sup>15</sup>

## 2.3 Investitionsziele

Bei der Tötigung von Investitionen müssen von den Unternehmen mehrere Ziele berücksichtigt werden. Dazu gehören in der Regel eine hohe Rentabilität, Liquidität, Sicherheit und Unabhängigkeit. Die Wichtigkeit dieser Ziele ist bei jeder Investition anders zu bewerten.<sup>16</sup> Zudem sollte der Zweck einer Investition immer eine verbesserte Situation gegenüber der Anfangssituation schaffen.<sup>17</sup>

Eine hohe Rentabilität zu erreichen ist oft das finanzwirtschaftliche Hauptziel von Unternehmen. Wobei hier die wichtigste Messgröße die Eigenkapitalrentabilität ist. Diese Kennziffer wird berechnet aus dem Verhältnis zwischen Gewinn und Eigenkapital.<sup>18</sup>

Die Liquidität beschreibt die Zahlungsfähigkeit eines Unternehmens. Das bedeutet ein Unternehmen ist liquide, wenn es seinen fälligen Zahlungsverpflichtungen nachkommen kann. Dies muss immer gewährleistet sein, da Zahlungsunfähigkeit und drohende Zahlungsunfähigkeit ein Insolvenzgrund ist.<sup>19</sup>

Sicherheit als Ziel einer Investition bedeutet die Begrenzung des finanziellen Risikos. Das Problem dabei ist, dass Investitionen mit hoher Rentabilität meist ein höheres Risiko mit sich bringen. Zum Beispiel kann eine Aktie höhere Erträge als ein Sparbuch abwerfen, jedoch kann man auch höhere Verluste mit einer Aktie machen.<sup>20</sup>

---

<sup>14</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 26.

<sup>15</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 26.

<sup>16</sup> Vgl. Becker (2004), S. 185.

<sup>17</sup> Vgl. Poggensee (2015), S. 7.

<sup>18</sup> Vgl. Becker (2004), S. 185.

<sup>19</sup> Vgl. Becker (2004), S. 185.

<sup>20</sup> Vgl. Becker (2004), S. 185.

Das Ziel der Unabhängigkeit für ein Unternehmen bezeichnet die Entscheidungs- oder Handlungsfreiheit in der Unternehmensführung. Beispielsweise kann ein Unternehmen in Folge von Investitionen unabhängiger von Lieferanten werden, da mit dem Investitionsobjekt Produkte selber hergestellt werden können.<sup>21</sup>

## 2.4 Investitionsarten

Investitionen können hinsichtlich ihrer Art unterschieden werden. Es gibt objektbezogene, wirkungsbezogene und sonstige Investitionen.<sup>22</sup>

### **Objektbezogene Investition<sup>23</sup>**

Eine objektbezogene Investition kann eine Sach-, Finanz- oder Immaterielle Investition sein. Unter Sachinvestitionen versteht man Güter, die Leistungen im Unternehmen erzeugen oder diese ermöglichen. Zum Beispiel wären dies Maschinen zur Produktfertigung oder Produktionshallen.

Die Finanzinvestitionen beziehen sich auf das Finanzanlagevermögen und werden auch finanzwirtschaftliche Investitionen oder Normalinvestitionen genannt. Sie beinhalten Bankguthaben, Wertpapiere, Aktien und sonstige Beteiligungen.

Immaterielle Investitionen dienen dazu in einem Unternehmen die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten bzw. zu stärken. Dazu gehören Investitionen im Personalbereich, um zum Beispiel Mitarbeiter fortzubilden oder qualifizierte Mitarbeiter zu finden. Auch Investitionen in die Forschung und Entwicklung gehört zu diesem Bereich, um neue Technologien und Produkte zu erzeugen. Zudem gehören Investitionen ins Marketing zur Imageverbesserung des Unternehmens zu den immateriellen Investitionen.

### **Wirkungsbezogene Investition<sup>24</sup>**

Investitionen lassen sich nach ihrer Wirkung in Nettoinvestitionen und Reinvestitionen unterscheiden.

Nettoinvestitionen sind Investitionen die zum Ersten Mal in Unternehmen vorkommen. Dazu gehören zum einen die Gründungsinvestitionen und zum anderen die Erweiterungsinvestitionen eines Unternehmens.

---

<sup>21</sup> Vgl. Becker (2004), S. 186.

<sup>22</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 31.

<sup>23</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 32f.

<sup>24</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 33ff.

Als Reinvestitionen werden Investitionen zur Erhaltung und Verbesserung der Produktionsfaktoren bezeichnet, dazu gehören Ersatzinvestitionen, Rationalisierungsinvestitionen, Umstellungsinvestitionen oder Diversifizierungsinvestitionen.

### **Sonstige Investition<sup>25</sup>**

Weitere Arten von Investitionen können unterschieden werden bezogen auf die Hierarchie (strategisch, taktisch, operativ), die unterschiedlichen Investoren (Unternehmen, öffentliche Hand, private Haushalte), die Umschlagshäufigkeit (kurz, mittel, lang), die Häufigkeit (einzeln, wiederholt), die Abhängigkeit zu anderen Funktionsbereichen.

## **2.5 Investitionsrechnung**

Die Wirtschaftlichkeit drückt das Verhältnis zwischen Erträgen und Aufwänden bzw. das Verhältnis zwischen Leistung und Kosten aus. Diese Kennzahl ist ein Maß für die Effizienz oder Effektivität von Unternehmen, Projekten und auch Investitionen. Natürlich sollte dabei ein Quotient von größer gleich eins herauskommen.<sup>26</sup> Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Investitionsobjekten wird die Investitionsrechnung verwendet.

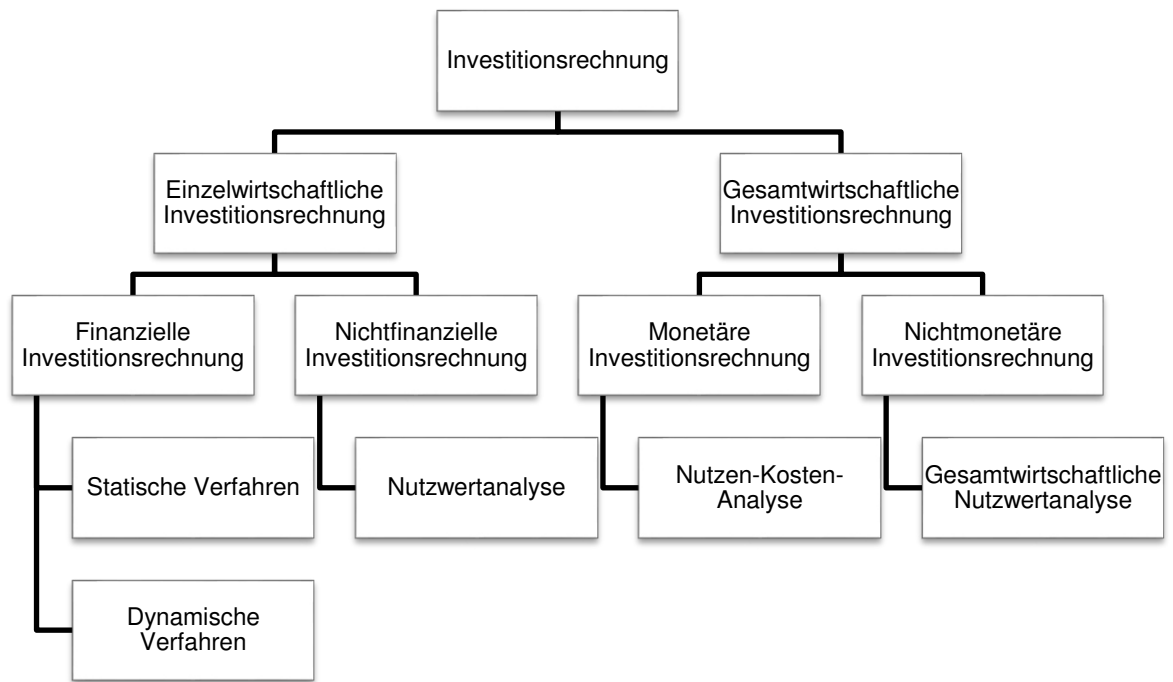
In der Investitionsrechnung unterscheidet man zwei Fragestellungen. Die erste Variante ist die Frage, ob ein einzelnes Investitionsprojekt überhaupt vorteilhaft ist. Bei der zweiten Variante stellt sich die Frage nach der vorteilhaftesten Investition zwischen zwei oder mehreren alternativen Investitionsobjekten.<sup>27</sup> Die Abbildung 4 zeigt eine Übersicht von anwendbaren Verfahren unter Sicherheit zur Wirtschaftlichkeitsberechnung von Investitionen.

---

<sup>25</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 36f.

<sup>26</sup> Vgl. Härdler (2012), S. 33f.

<sup>27</sup> Vgl. Blohm / Lüder / Schaefer (2012), S. 37.



**Abbildung 4: Übersicht Investitionsrechenverfahren<sup>28</sup>**

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der finanziellen, einzelwirtschaftlichen Investitionsrechnung. Die darin enthaltenen Verfahren der statischen und dynamischen Investitionsentscheidungsrechnung werden dabei in der Praxis von Unternehmen zum größten Teil genutzt<sup>29</sup>.

Die dynamischen Methoden erfassen Zahlungsflüsse die in Verbindung mit einer Investition auftreten zeitlich differenziert über die Nutzungsdauer. Daraus wird zur Bewertung eine Kennziffer errechnet, welche die Entscheidungsgrundlage bildet. Diese Verfahren sind auch unter der Bezeichnung der finanzmathematischen Verfahren bekannt. Im Gegensatz dazu wird bei den statischen Methoden diese zeitliche Differenzierung von Ein- und Auszahlungen nicht berücksichtigt.<sup>30</sup>

<sup>28</sup> Vgl. Blohm / Lüder / Schaefer (2012), S. 38.

<sup>29</sup> Vgl. Blohm / Lüder / Schaefer (2012), S. 40.

<sup>30</sup> Vgl. Horst (2009), S. 37.

### 2.5.1 Statische Investitionsrechenverfahren

Die statischen Verfahren der Investitionsrechnung umfassen praxisnahe Rechnungen ohne Einbeziehung der zeitlichen Struktur der Zahlungsflüsse. Daher wird nur ein Jahr der Nutzungsdauer repräsentativ für die Berechnungen herangezogen, obwohl die Investition wahrscheinlich über Jahre nutzbar ist. Diese Schwäche wird geduldet, um mit praktikablen Rechenmethoden eine ausreichende Näherungslösung für Investitionsprobleme zu bekommen.<sup>31</sup> Diese Methoden werden zur Bewertung von vorteilhaften Investitionen und zur Feststellung der optimalen Nutzungsdauer von Investitionsobjekten verwendet. Als statische Investitionsrechenverfahren werden folgende Methoden bezeichnet.

- Kostenvergleichsrechnung
- Gewinnvergleichsrechnung
- Rentabilitätsvergleichsrechnung
- Amortisationszeitvergleichsrechnung

#### 2.5.1.1 Kostenvergleichsrechnung

Bei der Kostenvergleichsrechnung werden die Kosten von zwei oder mehreren Investitionsobjekten gegenübergestellt. Das Ziel dieses Verfahren ist die Ermittlung der kostengünstigsten Investition. Dabei werden sämtliche in Verbindung mit Investition stehenden Kosten berücksichtigt. Wesentliche Bedeutung für die Kostenvergleichsrechnung haben folgende Kostenarten<sup>32</sup>:

- Kalkulatorische Abschreibungen
- Kalkulatorische Zinsen
- Löhne und Lohnnebenkosten
- Materialkosten
- Instandhaltungskosten
- Energiekosten
- Raumkosten
- Werkzeugkosten

Die kalkulatorische Abschreibung beschreibt die Wertminderung des Investitionsobjekts über die Nutzungsdauer. Üblicherweise wird in der Investitionsentscheidungsrechnung von einer linearen Abschreibung ausgegangen, möglich wäre aber auch eine degressive oder

---

<sup>31</sup> Vgl. Rautenberg (1993), S. 92.

<sup>32</sup> Vgl. Blohm / Lüder / Schaefer (2012), S. 130f.



leistungsabhängige Abschreibung. Diese Kostenart gehört zu den fixen Kosten. Die Formel für die lineare Abschreibung lautet<sup>33</sup>:

$$b = \frac{A - RW}{n}$$

b	=	Abschreibungen (€ / Periode)
A	=	Anschaffungskosten (€)
RW	=	Restwert (€)
n	=	Nutzungsdauer (Jahre)

Unter den kalkulatorischen Zinsen versteht man die Verzinsung für die Nutzung des betriebsnotwendigen Kapitals, welche auch den fixen Kosten zuzuordnen sind. Zweckmäßigerweise werden die Zinsen auf der Grundlage von Durchschnittswerten ermittelt. Zur Berechnung wird das durchschnittlich gebundene Kapital der Investition verwendet.<sup>34</sup>

$$Z = \frac{A + RW}{2} * i$$

Z	=	Zinsen (€ / Periode)
i	=	Kalkulationszinssatz (%)

Die restlichen Kostenarten sammeln sich unter dem Begriff der Betriebskosten. Damit ergibt sich für die Gesamtkosten einer Investition die Berechnung:

$$K = \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + B$$

K	=	Kosten (€ / Periode)
B	=	Betriebskosten (€ / Periode)

Die Betriebskosten gliedern sich wiederum in variable Kosten pro Stück und Fixkosten. Zum Beispiel gehören Mietkosten einer Produktionshalle zu den Fixkosten. Damit bekommt man folgende Formel:<sup>35</sup>

$$K = \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + kv * x + KF$$

kv	=	variable Kosten pro Stück (€ / Stück)
x	=	abgesetzte Menge (Stück)
KF	=	fixe Kosten (€)

---

<sup>33</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 153.

<sup>34</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 153f.

<sup>35</sup> Vgl. Urbatsch (2003), S. 28.

Bei der Entscheidung zwischen Investitionsmöglichkeiten nach der Kostenvergleichsrechnung wird natürlich die Investition gewählt, welche die minimalen Kosten verursacht. Das heißt es wird immer nach dem Kostenminimum entschieden.

$$K \rightarrow \text{Minimum}$$

### **2.5.1.2 Gewinnvergleichsrechnung**

Die Gewinnvergleichsrechnung stellt eine Erweiterung der Kostenvergleichsrechnung dar. Während bei der Kostenvergleichsrechnung nur die Kosten einer Investition betrachtet werden, werden bei der Gewinnvergleichsrechnung auch die zu erwarteten Erlöse in die Berechnung miteinbezogen. Wichtig ist dies vor allem bei Investitionsmöglichkeiten, welche unterschiedliche quantitative oder qualitative Unterschiede aufweisen. Zum Beispiel kann eine Maschine mehr Stücke als eine andere produzieren und somit den Erlös steigern, sofern es der Markt aufnimmt. Ein qualitativer Unterschied zwischen Maschinen könnte sich in einer höheren Produktqualität widerspiegeln und damit einen höheren Erlös pro Stück erzielen. Dadurch bietet die Gewinnvergleichsrechnung die Lösung von drei Fragestellungen<sup>36</sup>:

- Einzelinvestition: Können mit einer Investition überhaupt Gewinne erwirtschaftet werden?
- Auswahlproblem: Welches Investitionsobjekt bringt am meisten Gewinn im Vergleich zu alternative Investitionsobjekten?
- Ersatzproblem: Kann durch den Austausch einer bestehenden Anlage gegen eine neue ein höherer Gewinn erzielt werden bzw. wann ist der günstigste Zeitpunkt zum Austausch?

Der Gewinn ermittelt sich aus der Differenz zwischen den Erlösen und den Kosten. Die Kosten sind dabei analog zur Kostenvergleichsrechnung anzusetzen. Die Erlöse werden errechnet aus dem Preis pro Stück multipliziert mit der abgesetzten Menge.

---

<sup>36</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 173ff.

$$G = E - K$$

$$G = x * p - \left( \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + kv * x + KF \right)$$

$$G = x(p - kv) - \left( \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + KF \right)$$

G = Gewinn (€ / Periode)

E = Erlöse (€ / Periode)

p = Preis (€ / Stück)

Die wichtigste Entscheidungsregel bei der Gewinnvergleichsrechnung bei einer Einzelinvestition oder einem Auswahlproblem ist ein positiver Gewinn bei der Berechnung.

$$G > 0$$

Des Weiteren wird bei einer Investitionsentscheidung zwischen Alternativen oder einer Ersatzinvestition das Investitionsobjekt mit dem höchsten Gewinn gewählt.

$$G \rightarrow \text{Maximum}$$

### 2.5.1.3 Rentabilitätsvergleichsrechnung

Die Rentabilitätsvergleichsrechnung kann eine relative Vorteilhaftigkeit von Investitionsprojekt ermitteln. Im Gegensatz dazu können die Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung nur eine absolute Vorteilhaftigkeit der Investitionsmöglichkeiten darstellen. Für die Berechnung der Rentabilität wird auch der erforderliche Kapitaleinsatz miteinbezogen.<sup>37</sup> Zur Bewertung wird der Gewinn pro Periode einer Investition ins Verhältnis mit dem durchschnittlich gebundenen Kapital gesetzt.<sup>38</sup> Das durchschnittlich gebundene Kapital für abnutzbare Güter, wie zum Beispiel Maschinen, wird bei der Verwendung einer linearen Abschreibung nach folgender Formel berechnet<sup>39</sup>:

$$D = \frac{AK - RW}{2} + RW$$

D = durchschnittlich gebundenes Kapital (€ / Periode)

AK = Anschaffungskosten (€)

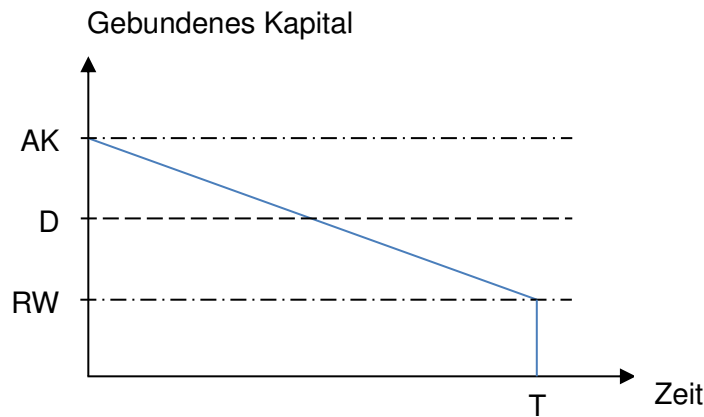
---

<sup>37</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 185.

<sup>38</sup> Vgl. Blohm / Lüder / Schaefer (2012), S. 140.

<sup>39</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 187.

Ausnahmen von dieser Formel bilden nicht abnutzbare Investitionsgüter wie Grundstücke bzw. auch bei der Anwendung anderer Abschreibungsmethoden. In Abbildung 5 ist das gebundene Kapital über den Verlauf der Nutzungsdauer  $T$ , sowie der durchschnittliche Kapitaleinsatz ersichtlich.



**Abbildung 5: Durchschnittlich gebundenes Kapital<sup>40</sup>**

Mit dem Wissen des durchschnittlich gebundenen Kapitals kann in weiterer Folge die Rentabilität einer Investition berechnet werden:

$$R = \frac{E - K}{D} * 100 = \frac{G}{D} * 100$$

R = Rentabilität (%)

Als Entscheidungsregel in der Rentabilitätsvergleichsrechnung gilt, das Investitionsobjekt mit der höchsten Rentabilität zu wählen. Zu berücksichtigen ist wieder, dass die Rentabilität einer Investition immer positiv sein sollte, da ansonsten Verluste realisiert werden.

$$R \rightarrow \text{Maximum}$$

#### **2.5.1.4 Amortisationszeitvergleichsrechnung**

Die Amortisationszeit einer Investition bezeichnet die Zeitdauer, in der das eingesetzte Kapital für eine Investition durch die dadurch entstehenden jährlichen Rückflüsse zurückgewonnen wird.<sup>41</sup>

<sup>40</sup> Vgl. Blohm / Lüder / Schaefer (2012), S 143.

<sup>41</sup> Vgl. Horst (2009), S. 120.

Man unterscheidet bei der statischen Amortisationszeitvergleichsrechnung die Durchschnittsrechnung und die Kumulationsrechnung. Bei der Durchschnittsrechnung wird der Kapitaleinsatz zum durchschnittlichen Rückfluss ins Verhältnis gesetzt. Der Kapitaleinsatz errechnet sich aus der Differenz zwischen Anschaffungskosten und dem Restwert. Der durchschnittliche Rückfluss bildet sich eigentlich aus der Differenz zwischen den durchschnittlichen jährlichen Einzahlungen und Auszahlungen. Dies ist in der statischen Investitionsrechnung nicht möglich, daher wird er näherungsweise aus der Summe der durchschnittlichen Gewinne und der jährlichen Abschreibung berechnet. Damit ergibt sich zur Berechnung der Amortisationszeit<sup>42</sup>:

$$t_w = \frac{A - RW}{\text{durchschnittlicher Gewinn} + \text{jährliche Abschreibung}}$$

$t_w$  = Amortisationszeit (Jahre)

Die Kumulationsrechnung bringt den Vorteil, dass nicht ein einziger Wert für die durchschnittlichen Rückflüsse in die Berechnung einfließt. Bei dieser Methode werden die jeweiligen Werte für die jährlichen Rückflüsse solange kumuliert, bis die kumulierte Summe größer als der Kapitaleinsatz ist. Somit können eventuell jährliche Schwankungen der Kosten miteinbezogen werden, um dadurch ein besseres Ergebnis zu bekommen.<sup>43</sup>

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Investitionsobjekts reicht die Amortisationszeitvergleichsrechnung nicht aus. Ausnahme bildet dabei eine Amortisationszeit welche länger als die Nutzungszeit ist und damit eine Investition von vornherein unwirtschaftlich macht. Jedoch kann mit diesem Verfahren eine Investitionsentscheidung zwischen mehreren alternativen Möglichkeiten unterschieden werden, wobei die Investition mit der kürzesten Amortisationszeit gewählt wird<sup>44</sup>.

$$t_w \rightarrow \text{Minimum}$$

#### **2.5.1.5 Berechnungsbeispiel**

Zur Verdeutlichung der einzelnen Verfahren der statischen Investitionsrechenverfahren folgt nun ein kleines Berechnungsbeispiel. Folgende Angaben sind für alternative Investitionsobjekte gegeben.

---

<sup>42</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 194f.

<sup>43</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 196f.

<sup>44</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 195.

	<b>Investition A</b>	<b>Investition B</b>
Anschaffungskosten	120 000,00 €	106 000,00 €
Restwert	5 000,00 €	8 000,00 €
Variable Kosten	283 000,00 €	287 000,00 €
Fixe Kosten (ohne Abschreibung und Zinsen)	34 000,00 €	32 250,00 €
Erlös	365 000,00 €	363 000,00 €
Nutzungsdauer in Jahren	10	10
Kalkulationszinssatz	10 %	10 %

**Tabelle 1: Berechnungsbeispiel statische Investitionsrechnung<sup>45</sup>**

Zur Ermittlung der Lösung der verschiedenen Investitionsrechenverfahren müssen zuerst die kalkulatorische Abschreibung und die kalkulatorischen Zinsen berechnet werden. Danach können durch einsetzen in die jeweiligen Formeln die Lösungen der verschiedenen Rechenverfahren ermittelt werden. Dies zeigt die Tabelle 2.

Abschreibung	11 500,00 €	9 800,00 €
Zinsen	6 250,00 €	5 700,00 €
<b>Gesamtkosten</b>	<b>334 750,00 €</b>	<b>334 750,00 €</b>
<b>Gewinn</b>	<b>30 250,00 €</b>	28 250,00 €
<b>Rentabilität</b>	48 %	<b>50 %</b>
<b>Amortisationszeit in Jahren</b>	2,75	<b>2,58</b>

**Tabelle 2 : Lösung statische Investitionsrechnung<sup>46</sup>**

Mit dieser Lösung ist keine eindeutige Investitionsentscheidung zu treffen. Wie der Vergleich der Gesamtkosten zeigt, ist nach der Kostenvergleichsrechnung keine der Investitionsalternativen vorteilhafter als die andere. Beim Gewinnvergleich erwirtschaftet die Investition A um 2000 € mehr und ist dadurch die vorteilhaftere Investition. Im Gegensatz dazu ist aber die Rentabilität der Investition B um zwei Prozent höher und die Amortisationszeit

---

<sup>45</sup> Eigene Darstellung.

<sup>46</sup> Eigene Darstellung.

etwas kürzer. Aus diesem Ergebnis wird schnell klar, dass es nicht ausreicht nur ein Investitionsrechenverfahren für eine Investitionsentscheidung anzuwenden. Daher ist es besser einen Mix aus mehreren Methoden anzuwenden.

## 2.5.2 Dynamische Investitionsrechenverfahren

Im Gegensatz zur statischen Investitionsrechnung wird bei den dynamischen Verfahren auch die zeitliche Struktur der Ein- und Auszahlungen berücksichtigt.<sup>47</sup> Dies wird dadurch erreicht, dass die Ein- und Auszahlungen mit Hilfe der finanzmathematischen Berechnungen auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt abgezinst oder aufgezinst werden.<sup>48</sup> Daher werden nun zu Beginn die finanzmathematischen Größen Barwert, Endwert und Jahreswert erläutert.

Der **Barwert**<sup>49</sup> bezeichnet den gegenwärtigen Wert von ein- oder mehreren zukünftigen Ein- oder Auszahlungen durch Abzinsung. Damit kann der Wert zukünftiger Zahlungen in der Gegenwart verglichen werden. Bei der Berechnung unterscheidet man zwischen einmaligen und mehrmaligen Zahlungen.

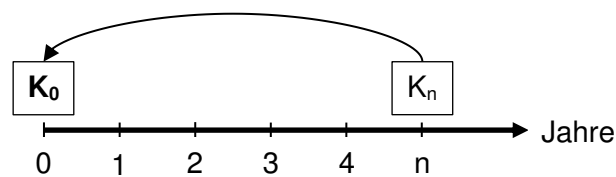


Abbildung 6: Barwert bei einmaliger Zahlung

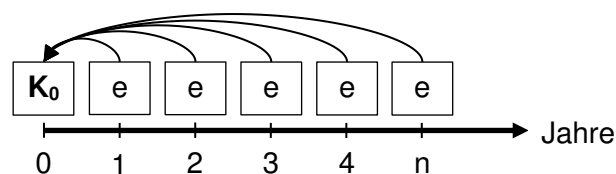


Abbildung 7: Barwert bei mehrmaliger Zahlung

---

<sup>47</sup> Vgl. Kruschwitz (2014), S. 29.

<sup>48</sup> Vgl. Kruschwitz (2014), S. 33.

<sup>49</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 207ff.

Einmalige Zahlung: 
$$K_0 = K_n * \frac{1}{(1+i)^n} = K_n * \frac{1}{q^n}$$

Mehrmalige Zahlung: 
$$K_0 = e * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} = e * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)}$$

$K_0$	=	Barwert (€)
$K_n$	=	Kapital am Ende des n-ten Jahres (€)
$i$	=	Kalkulationszinssatz (%)
$e$	=	Rate (€ / Jahr)
$q$	=	$1+i$

Der Faktor für die Berechnung des Barwerts bei einer einmaligen Zahlung wird als Abzinsungsfaktor bezeichnet. Zur Berechnung des Barwerts bei mehrmaligen Zahlungen wird der Barwertfaktor verwendet.

Der **Endwert**<sup>50</sup> ist der durch Aufzinsung von Zahlungen errechnete Wert. Damit spiegelt er den zukünftigen tatsächlichen Wert von Einzahlungen am Ende einer Betrachtungsperiode wider. Wie beim Barwert wird unterschieden zwischen einmaligen und mehrmaligen Zahlungen.

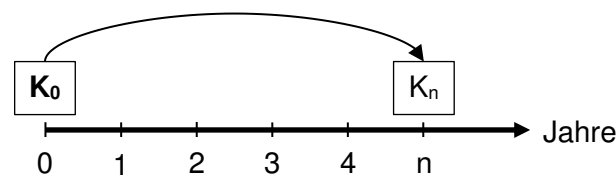


Abbildung 8: Endwert bei einmaliger Zahlung

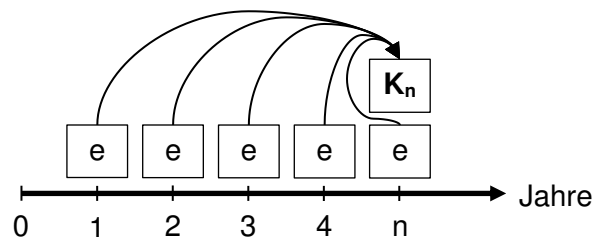


Abbildung 9: Endwert bei mehrmaliger Zahlung

Einmalige Zahlung: 
$$K_n = K_0 * (1 + i)^n = K_0 * q^n$$

Mehrmalige Zahlung: 
$$K_n = e * \frac{(1+i)^n - 1}{i} = e * \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

<sup>50</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 210ff.



Die Bezeichnung der Faktoren lautet bei der einmaligen Zahlung Aufzinsungsfaktor und bei der mehrmaligen Zahlung Endwertfaktor.

Der **Jahreswert**<sup>51</sup> bezeichnet einen jährlich wiederkehrenden Betrag, der sich aus einem bestimmten Wert zu Beginn oder Ende einer Vergleichsperiode ergibt. Das heißt er gibt die Höhe einer jährlichen Rate an, um einen bestimmten Barwert oder Endwert eines Beobachtungszeitraumes zu erreichen.

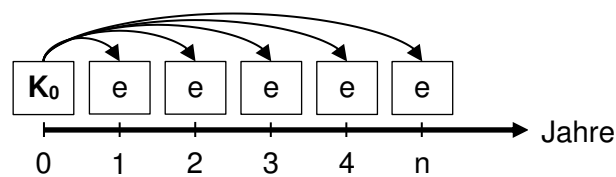


Abbildung 10: Zahlung eines jetzt fälligen Betrages

Formel zu Ermittlung der Rate eines jetzt fälligen Betrages:

$$e = K_0 * \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} = K_0 * \frac{q^n * (q - 1)}{q^n - 1}$$

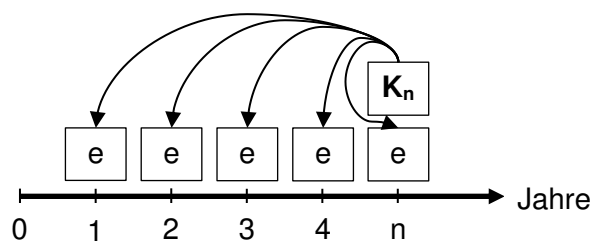


Abbildung 11: Zahlung eines später fälligen Betrages

Formel zu Ermittlung der Rate eines später fälligen Betrages:

$$e = K_n * \frac{i}{(1 + i)^n - 1} = K_n * \frac{q - 1}{q^n - 1}$$

<sup>51</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 212ff.

Der Faktor zur Berechnung der Rate eines jetzt fälligen Betrages wird Kapitalwiedergewinnungsfaktor genannt. Als Restwertverteilungsfaktor wird der Multiplikator zur Berechnung der Rate bei einem später fälligen Betrag bezeichnet.

### 2.5.2.1 Kapitalwertmethode

Bei der Kapitalwertmethode werden alle mit der Investitionsmöglichkeit in Verbindung stehenden Einnahmen und Ausgaben auf den Zeitpunkt unmittelbar vor Beginn der Nutzungsdauer abgezinst.<sup>52</sup> Das heißt es wird der Barwert der Zahlungen mit einem Kalkulationszinssatz berechnet. Dieser Kapitalwert zeigt die Erhöhung oder Verminderung des Geldvermögens durch die Investition bei einem gegebenen Verzinsungsanspruch.<sup>53</sup> Der dafür benötigte Kalkulationszinssatz wird oft vom Kapitalmarkt abgeleitet, da eine Kapitalanlage als mögliche Investitionsalternative angesehen wird. Die Berechnung wird nach folgender Formel durchgeführt.<sup>54</sup>

$$C_0 = \frac{e_1 - a_1}{q^1} + \frac{e_2 - a_2}{q^2} + \dots + \frac{e_n - a_n}{q^n} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$$C_0 = \frac{\ddot{u}_1}{q^1} + \frac{\ddot{u}_2}{q^2} + \dots + \frac{\ddot{u}_n}{q^n} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$C_0$	=	Kapitalwert (€)
$L$	=	Liquidationserlös (€)
$e$	=	Einzahlungen in den Nutzungsjahren 1 ... n (€ / Jahr)
$a$	=	Auszahlungen in den Nutzungsjahren 1 ... n (€ / Jahr)
$\ddot{u}$	=	Überschüsse in den Nutzungsjahren 1 ... n (€ / Jahr)

Bei dieser Berechnung werden in jedem Jahr verschiedenste Überschüsse erwartet. Bei der Erwartung von jährlich gleichbleibenden Überschüssen kommt diese Formel zur Vereinfachung der Berechnung zur Anwendung.<sup>55</sup>

$$C_0 = \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$\ddot{u}$	=	durchschnittlichen jährlichen Überschüsse (€ / Jahr)
------------	---	--

<sup>52</sup> Vgl. Rautenberg (1993), S. 115.

<sup>53</sup> Vgl. Blohm / Lüder / Schaefer (2012), S. 47.

<sup>54</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 217.

<sup>55</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 218.

Eine Investition nach der Kapitalwertmethode ist vorteilhaft, wenn der Kapitalwert nicht negativ ist.

$$C_0 > 0$$

Bei der Entscheidung zwischen verschiedenen Investitionsobjekten wird die Investition mit dem höheren Kapitalwert bevorzugt.

$$C_0 \rightarrow \text{Maximum}$$

### 2.5.2.2 Interne Zinssatzmethode

Die Methode des internen Zinssatzes bringt als Ergebnis den Zinssatz, bei dem der Kapitalwert Null ist. Somit heben sich die Barwerte der Auszahlungen und die Barwerte der Einzahlungen auf. Dieser ermittelte Zinssatz gibt die Verzinsung des gebundenen Kapitals an.<sup>56</sup> Ermittelt wird der interne Zinssatz grafisch oder rechnerisch durch lineare Interpolation. Dabei werden bei beiden Methoden zwei Kapitalwerte mit Versuchszinssätzen berechnet. Je näher die Versuchszinssätze zu einem Kapitalwert von Null führen, desto genauer wird die Bestimmung des internen Zinssatzes.<sup>57</sup> Gesucht wird also der Zinssatz bei dem der Kapitalwert  $C_0$  null ist. Die Berechnung erfolgt mit dieser Formel:

$$r = i_1 - C_{01} * \frac{i_2 - i_1}{C_{02} - C_{01}}$$

$r$	=	interner Zinssatz (%)
$i_1$	=	Versuchszinssatz 1 (%)
$i_2$	=	Versuchszinssatz 2 (%)
$C_{01}$	=	Kapitalwert 1 (€)
$C_{02}$	=	Kapitalwert 2 (€)

Zur Bewertung eines Investitionsobjektes anhand des internen Zinssatzes ist eine Investition vorteilhaft, wenn dieser größer ist als die erwartete Mindestverzinsung  $i_{\min}$ . Dieser kann durch Investoren oder Unternehmen vorgegeben werden.

$$r > i_{\min}$$

Beim Vergleich zwischen Investitionen ist die Investition die vorteilhafteste, welche den größten internen Zinssatz aufweist.

$$r \rightarrow \text{Maximum}$$

---

<sup>56</sup> Vgl. Blohm / Lüder / Schaefer (2012), S. 80.

<sup>57</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 227f.

### 2.5.2.3 Annuitätenmethode

Als weiteres Verfahren der dynamischen Investitionsentscheidungsrechnung stellt die Annuitätenmethode den jährlichen Überschuss, das heißt den Periodenerfolg, dar. Im Gegensatz dazu wird bei der Kapitalwertmethode der Totalerfolg über den gesamten Zeitraum dargestellt.<sup>58</sup> Den Zusammenhang zwischen der Kapitalwertmethode bildet der Kapitalwertfaktor. Dieser Faktor multipliziert mit dem Kapitalwert ergibt die Annuität, welche die Entscheidungsgrundlage zur Vorteilhaftigkeit einer Investition bildet.<sup>59</sup>

$$d = C_0 * \frac{q^n * (q - 1)}{q^n - 1}$$

d = Annuität (€ / Jahr)

Die Entscheidungsregel nach der Annuität für Einzelinvestitionen ist eine positive Annuität zu erhalten. Zudem sollte bei der Auswahl zwischen verschiedenen Investitionsalternativen jenes Objekt mit der maximalen Annuität gewählt werden.

$$d > 0$$

$$d \rightarrow \text{Maximum}$$

### 2.5.2.4 Berechnungsbeispiel

Zur Verdeutlichung dieser Rechenverfahren soll nun eine Investitionsentscheidung nach diesen dynamischen Verfahren getroffen werden. Folgende Werte sind gegeben. Gesucht ist die vorteilhaftere Investition.

	Investition A	Investition B
Anschaffungskosten	40.000,00 €	73.000,00 €
Jährlicher Überschuss	8.000,00 €	14.500,00 €
Nutzungsdauer in Jahren	6	6
Kalkulationszinssatz	3 %	3 %

**Tabelle 3: Berechnungsbeispiel dynamische Investitionsrechnung<sup>60</sup>**

<sup>58</sup> Vgl. Rautenberg (1993), S. 124f.

<sup>59</sup> Vgl. Olfert (2012), S. 238f.

<sup>60</sup> Eigene Darstellung.

Zur Berechnung des internen Zinssatzes werden für beide Alternativen die Versuchszinssätze von zwei und fünf Prozent angenommen.

	<b>Investition A</b>	<b>Investition B</b>
Anschaffungskosten	40.000,00 €	73.000,00 €
Jährlicher Überschuss	8.000,00 €	14.500,00 €
Nutzungsdauer in Jahren	6	6
Kalkulationszinssatz	3 %	3 %
<b>Kapitalwert</b>	3.337,53 €	<b>5.549,28 €</b>
<b>Annuität</b>	616,10 €	<b>1.024,38 €</b>
Versuchszinssatz 1	2 %	2 %
Versuchszinssatz 2	5 %	5 %
<b>Interner Zinssatz</b>	<b>5,4 %</b>	5,2 %

**Tabelle 4: Lösung dynamische Investitionsrechnung<sup>61</sup>**

Wie schon beim Beispiel der statischen Investitionsrechnung ist auch hier keine eindeutige Lösung vorhanden. Nach der Kapitalwertmethode und der Annuitätenmethode ist die Investition B vorteilhafter, währenddessen die Investition A nach der Betrachtung des internen Zinssatzes zu bevorzugen ist.

---

<sup>61</sup> Eigene Darstellung.



## **3 Schaltschrankfertigung**

### **3.1 Einordnung in den Herstellungsprozess einer Anlage**

Der Produktionsprozess einer Anlage sieht wie folgt aus. Der erste Schritt in der Herstellung ist die Erstellung eines Konzepts der Anlage auf Basis des Lastenhefts. Im Lastenheft sind die Maschinenanforderungen des Kunden festgelegt. Darauf aufbauend erfolgt die mechanische Konstruktion in einem CAD-Programm. Nach Beendigung dieses Vorgangs erfolgt der Bestellungsprozess für alle nötigen mechanischen Bauteile, wie zum Beispiel Pneumatik-Zylinder, Frästeile und Bleche. Mit dem Wissen über die für die Anlage benötigten mechanischen Komponenten sind auch die Anforderungen an den Schaltschrank definiert. Der Produktionsprozess des Schaltschranks wird daher während der Lieferzeit der Mechanik gestartet. Dieser Prozess wird noch gesondert betrachtet, da er auch den Teilprozess der Schaltschrankfertigung beinhaltet. Nach der Produktion des Schaltschranks und der Beendigung des mechanischen Zusammenbaus erfolgt die Verkabelung der Anlage. Sobald dies abgeschlossen ist, erfolgt die Inbetriebnahme und die spätere Produktion. Dieser Ablauf ist in Abbildung 12 ersichtlich.

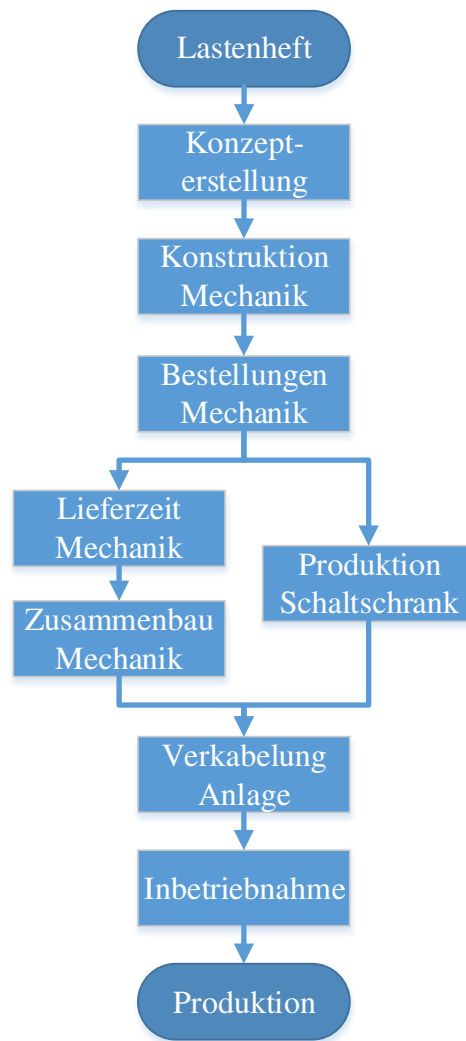


Abbildung 12: Herstellungsprozess Anlage<sup>62</sup>

### 3.2 Herstellungsprozess eines Schaltschranks

Nun wird nach Kenntnis des Gesamtprozesses die Produktion des Schaltschranks näher betrachtet. Wie gerade festgestellt erfolgt dieser Teilprozess nach Beendigung der mechanischen Planung einer Anlage. Am Anfang des Produktionsprozesses wird das elektrische Konzept der Anlage erstellt. Es werden hier verschiedene Möglichkeiten zur Ansteuerung von Motoren diskutiert und ausgewählt. Zudem erfolgen hier die Festlegung von Schnittstellen zum Kunden und die zu verwendenden Hersteller der elektrischen Komponenten.

Nach der Bestimmung der Bauteile erfolgt die Stromlaufplanung. In der Stromlaufplanung wird der Anschluss der kompletten elektrischen Komponenten geplant und gezeichnet. Hier

<sup>62</sup> Eigene Darstellung.



wird außerdem festgelegt, ob Stecker oder Klemmen zum Anschluss der Komponenten verwendet werden. Zudem werden die verschiedenen Stecker definiert, die an der Anlage verwendet werden. Es werden auch die Kabeltypen und deren Einsatzort eingeplant. Das Ergebnis der Stromlaufplanung ist ein nachvollziehbarer Plan, in dem alle elektrischen Verbindungen eingezeichnet sind und auch alle elektrischen Komponenten der Anlage ersichtlich sind.

Im Anschluss an die Stromlaufplanung erfolgt die Aufbauplanung des Schaltschranks. Hier werden die Positionen der elektrischen Komponenten im Schaltschrank festgelegt. Das Ziel ist einen Plan zu erstellen in dem jedes elektrische Bauteil seinen Platz im Schaltschrank bekommt. Dabei soll auf einen möglichst logischen Aufbau geachtet werden, um damit die Fehlersuche im Störfall zu beschleunigen.

Ist dieser Teilschritt abgeschlossen, erfolgt die Bestellung der elektrischen Komponenten und dem dazu gehörigem Zubehör.

Nach der Lieferung der Bauteile erfolgt die eigentliche Schaltschrankfertigung. In diesem Schritt wird alles zusammengebaut und verkabelt. In nachstehender Abbildung ist dieser Ablauf dargestellt.

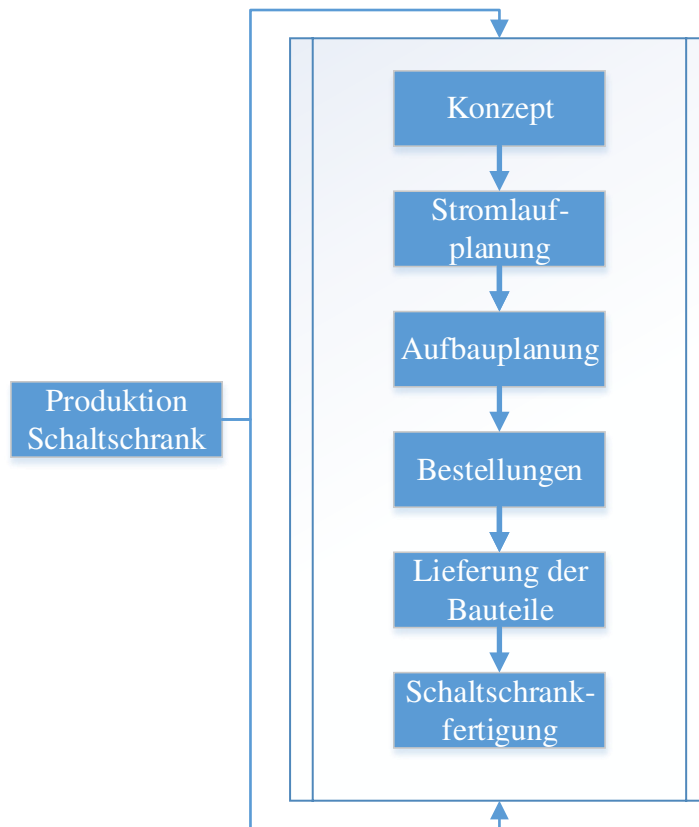


Abbildung 13: Herstellungsprozess Schaltschrank<sup>63</sup>

### 3.3 Phasen der Schaltschrankfertigung

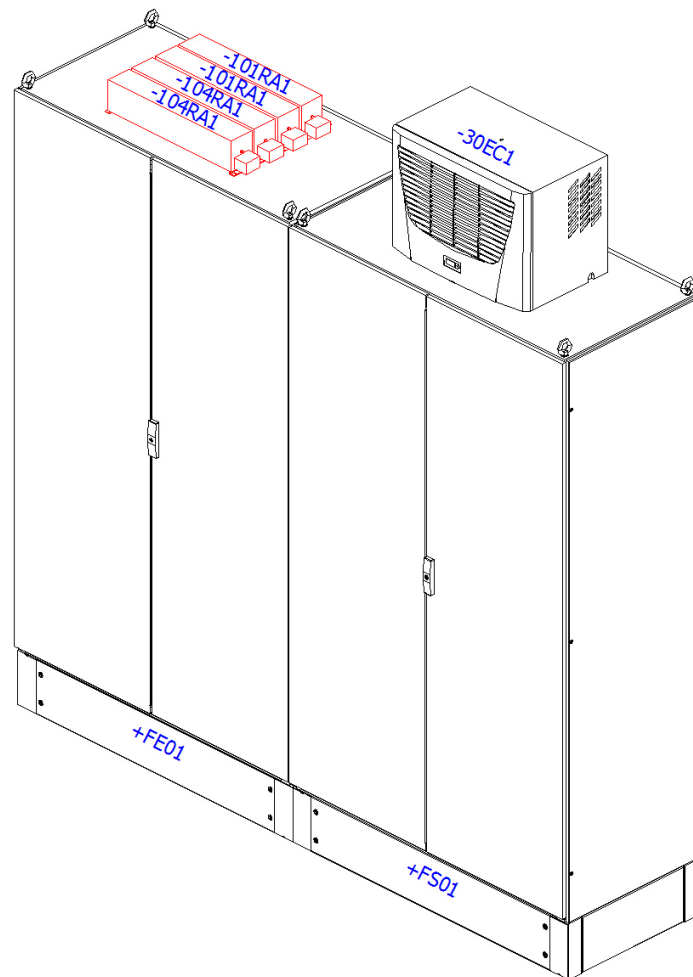
Nach der Einordnung der Schaltschrankfertigung in den Herstellungsprozess einer Anlage erfolgt nun die Betrachtung der einzelnen Schritte, welche in der Schaltschrankfertigung durchgeführt werden. Dazu gehören der Grundaufbau, die Bestückung, die Verdrahtung und die abschließende Prüfung.

#### 3.3.1 Grundaufbau

Als Grundlage für den Grundaufbau dient die Aufbauplanung. Die Übersicht der Aufbauplanung gibt die Aufstellungsweise einzelner Schränke wieder. Zudem ist die Positionierung von Kühlgeräten und anderen Bauteilen, welche auf dem Schaltschrankdach oder den Seiten des Schaltschranks montiert werden, ersichtlich. Solch eine Übersicht stellt die Abbildung 14 dar.

---

<sup>63</sup> Eigene Darstellung.



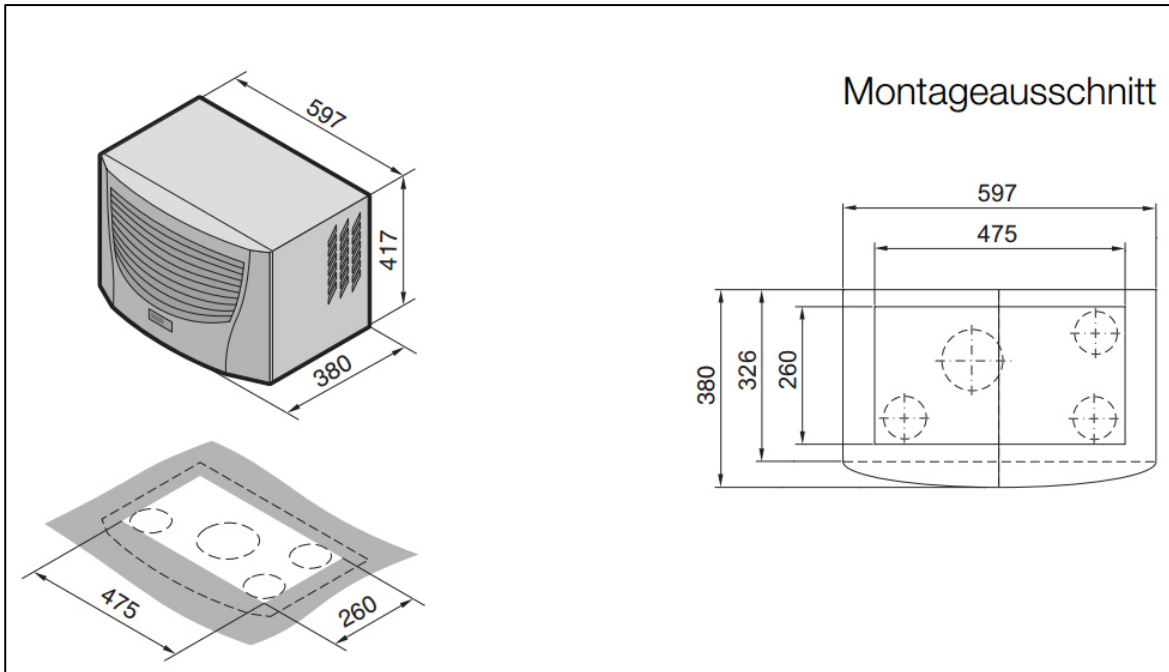
**Abbildung 14: Übersicht der Aufbauplanung<sup>64</sup>**

Der Schaltschrank wird zusammengebaut aus einzelnen Feldern. Diese werden mit einem „+“ am Anfang gekennzeichnet. In der Abbildung sind das der „+FE01“ und der „+FS01“. Mit dieser Bezeichnung kann in den Stücklisten des Schaltplans der jeweilige Typ des Schaltschranks herausgefunden werden. Die einzelnen Schränke werden dann mit Winkeln und Blechen aneinandergereiht und verschraubt. Das Verbinden der Schränke ist der erste Schritt des Grundaufbaus. Sind alle zusammengehörigen Teile verbunden, folgen danach das Ausschneiden von Öffnungen und das Bohren von Löchern bzw. Gewinden. Für den Schrank in Abbildung 14 müssen für die vier roten Bauteile Löcher gebohrt werden. Dabei wird das Dach abmontiert und die Bauteile darauf platziert. Daraufhin müssen die Löcher händisch angezeichnet werden und mit der Bohrmaschine die Löcher gebohrt werden. Für das Bauteil „-30EC1“ muss eine Öffnung ausgeschnitten werden. Dafür gibt es eine Schablone welche mit dem Bauteil mitgeliefert wird. Diese wird auf das abmontierte Dachblech gelegt und mit einem Stift nachgezeichnet, um die Umrisse der Öffnung auf das Blech zu

---

<sup>64</sup> Eigene Darstellung.

bekommen. Danach wird dieser Umriss mit einem Klebeband abgeklebt, um danach mit einem Winkelschleifer die Öffnung auszuschnneiden. Wie ein solcher Montageausschnitt aussieht ist in der Abbildung 15 ersichtlich. Da diese mechanischen Bearbeitungen alle genauestens ausgeführt werden müssen, erfordert dies eine Menge Zeit.



**Abbildung 15: Montageausschnitt Kühlgerät<sup>65</sup>**

Nachdem diese Arbeitsschritte abgeschlossen sind, wird der Innenraum des Schaltschranks ausgebaut. Hier müssen zuallererst die Tragschienen und Kabelkanäle auf die herausnehmbare Montageplatte montiert werden. Die Tragschienen dienen später zur Befestigung der einzelnen Bauteile. In den Kabelkanälen werden bei der Verdrahtung die Drähte und Kabel hineingelegt. Diese Vorgaben zeigt Abbildung 16.

<sup>65</sup> Vgl. Rittal GmbH & Co. KG „Technik im Detail“, <http://www.rittal.com/at-de/product/show/variantdetail.action?productID=3383500#IGCMS43> (08.12.2015).



erste für die Länge, die zweite für die Breite des Kanals) in der richtigen Länge abgeschnitten werden. Danach werden die Bauteile anhand der Bemaßung auf die Montageplatte aufgelegt und angeschraubt.

### 3.3.2 Bestückung

Nach dem Grundaufbau des Schaltschranks erfolgt dessen Bestückung. Dies fängt mit dem Auspacken der einzelnen Bauteile aus deren Lieferverpackung an. Die ausgepackten Bauteile werden dann übersichtlich aufgelegt, um einen Überblick zu bekommen und eventuell schon Fehlteile festzustellen. Ist dies erfolgt werden die Bauteile anhand des Aufbauplans im Schaltschrank montiert. Die Zuordnung der Artikelnummer des Bauteils und der Montageposition erfolgt mit einer Positionsnummer in Verbindung mit einer Schaltschrankle-gende.

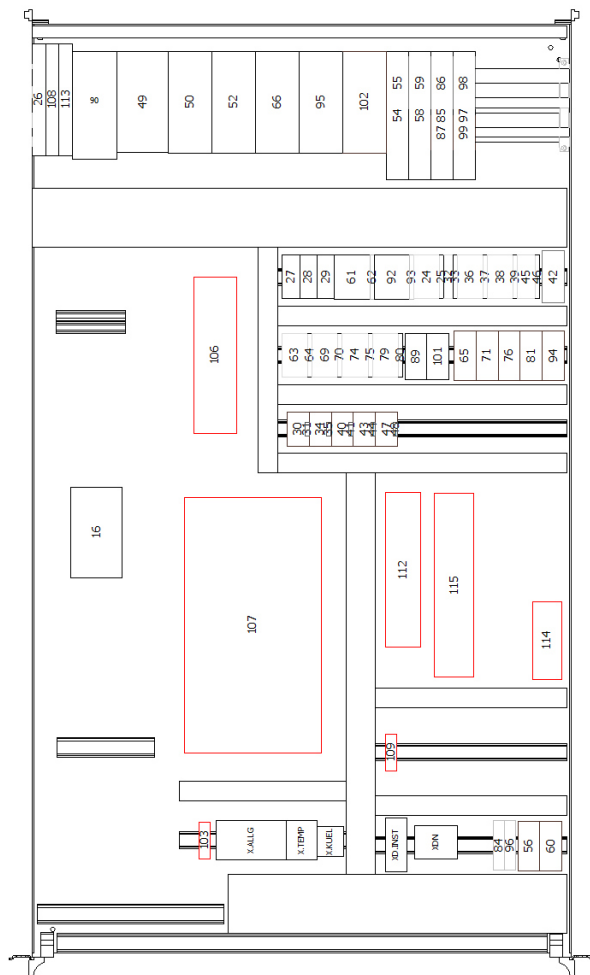


Abbildung 17: Montageplatte mit Bauteilen<sup>67</sup>

<sup>67</sup> Eigene Darstellung.

Gleichzeitig wird während der Montage das Betriebsmittelkennzeichen zur Beschriftung aufgeklebt. Dieses Betriebsmittelkennzeichen sorgt für eine eindeutige Zuordnung des Bauteils zum elektrischen Plan. Wie die Artikelnummer ist auch das Betriebsmittelkennzeichen der Schaltschranklegende zu entnehmen.

### 3.3.3 Verdrahtung

Nach dem kompletten Aufbau des Schaltschranks erfolgt die Verdrahtung des Schaltschranks mit feindrähtigen Einzeladern. Dazu werden die Drahtstärken anhand der Sicherungen ausgewählt und nach dem von der Elektroplanung erstellten Stromlaufplan verdrahtet. Dabei ist zu unterscheiden ob Betriebsmittel mit einem Schraub- oder Zugfederanschluss ausgestattet sind.

Der Unterschied besteht in der Verarbeitung der Adern für einen ordnungsgemäßen Anschluss an den elektrischen Bauteilen. Bei den Schraubanschlüssen müssen zwingend Aderendhülsen verwendet werden, um das Abbrechen der einzelnen Drähte zu verhindern. Für Bauteile mit Zugfederanschluss sind diese nicht unbedingt notwendig. Jedoch fordern einige Kunden in ihren Liefervorschriften die Verwendung von Aderendhülsen bei jeglicher Verwendung von feindrähtigen Adern und Leitungen.

Die Anbringung von Aderendhülsen an den einzelnen Aderenden nennt sich crimpen. Dazu müssen diese zuallererst ein wenig abisoliert werden. Danach steckt man eine Hülse auf die Litze und quetscht sie mit einer Crimpzange fest.



Abbildung 18: Crimpvorgang<sup>68</sup>

---

<sup>68</sup> Vgl. KNIPEX-Werk „Anwendung“, [http://www.knipex.de/index.php?id=1216&L=0&page=group\\_detail&parentID=1299&groupID=1308&artID=3959](http://www.knipex.de/index.php?id=1216&L=0&page=group_detail&parentID=1299&groupID=1308&artID=3959) (24.06.2016).

Weiterer Punkt der Verdrahtung beinhaltet die Beschriftung der Einzeladern. Ob und in welchem Ausmaß eine solche anzubringen ist, muss immer der Liefervorschrift des Kunden entnommen werden.

### **3.3.4 Prüfung**

Ist die Verdrahtung abgeschlossen erfolgt eine Überprüfung der Verkabelung. Dazu wird mit dem Stromlaufplan und einem Multimeter kontrolliert, ob alle Verbindungen richtig verdrahtet sind. Dieser Schritt ist unbedingt notwendig, um die Inbetriebnahme der Maschine die danach stattfindet zu beschleunigen. Dadurch ist nämlich sichergestellt, dass jegliche Fehlfunktionen ihren Ursprung außerhalb des Schaltschranks haben müssen. Dies spart enorm viel Zeit und erleichtert die Fehlersuche bei der Inbetriebnahme der Maschinen.



## 4 Investitionsentscheidung

### 4.1 Investitionsalternativen

In diesem Kapitel werden nun kurz der Zweck und die Funktionsweise der einzelnen Investitionsalternativen vorgestellt.

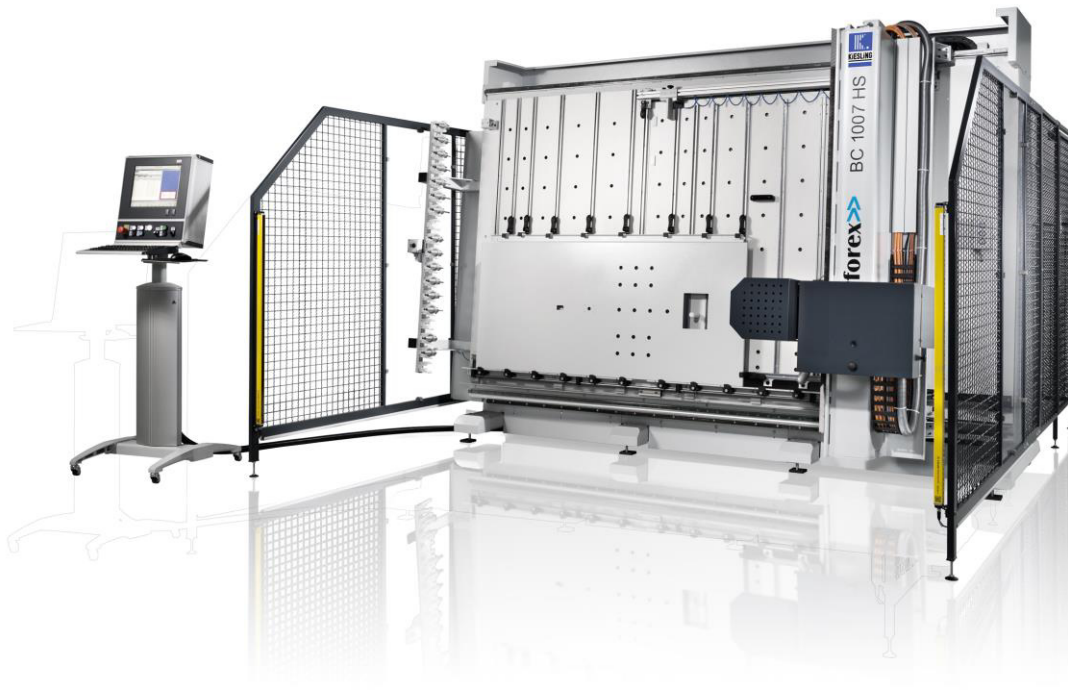
#### 4.1.1 Bearbeitungszentrum

Mit einem Bearbeitungszentrum können sämtliche mechanischen Bearbeitungen die in der Schaltschrankfertigung nötig sind durchgeführt werden. Vom Bohren, Gewindeschneiden, Fräsen und Entgraten können alle Bearbeitungsschritte vollautomatisch mit dieser Maschine durchgeführt werden. Für die Programmierung der Maschine können einfach die CAD-Daten der Aufbauplanung importiert werden. Dadurch beschränkt sich die Inbetriebnahme und Einschulung auf ein Minimum. Mit dieser Maschine können Bauteile bis zu einer Breite von 2200 mm und einer Höhe von 1700 mm bearbeitet werden. Diese Abmessungen reichen für alle verwendeten Schaltschränke der hergestellten Anlagen.<sup>69</sup>

Die Abbildung 19 zeigt eine solche Maschine. Es wird dort pneumatisch das zu bearbeitende Teil gespannt. Danach werden mit dem zugehörigen Computer die CAD-Daten für die Bearbeitung geladen. Durch ein Werkzeugwechselmagazin können die Bauteile nach dem Spannen und der Datenaufbereitung vollautomatisch bearbeitet werden. Dadurch beschränkt sich die Bearbeitungszeit der Bauteile auf ein Minimum. Dieses Zeitersparnis resultiert aus dem Einsparen des Anzeignens und dem darauffolgenden Bearbeiten.

---

<sup>69</sup> Vgl. Rittal GmbH & Co. KG, [http://www.rittal.com/com\\_en/rittal-automation-systems/perforex-bc1007.php?lng=de](http://www.rittal.com/com_en/rittal-automation-systems/perforex-bc1007.php?lng=de) (24.06.2016).



**Abbildung 19: Bild Bearbeitungszentrum<sup>70</sup>**

Aus der Funktionsbeschreibung dieser Maschine ergibt sich die Verwendung im Bereich des Grundaufbaus in der Schaltschrankfertigung.

#### **4.1.2 Zuschnittzentrum**

Ein Zuschnittzentrum hilft dabei Kanäle und Tragschienen zuzuschneiden. Die erforderlichen Daten hierfür können direkt von verschiedenen CAD-Systemen importiert werden. Dies spart enorm viel Zeit beim Aufbau eines Schaltschranks.

---

<sup>70</sup> Vgl. Eplan Software & Service GmbH & Co. KG, <http://www.eplan.at/at-de/unternehmen/news/alle-news/view/article/keine-inselloesung-mehr-1> (10.12.2015).



**Abbildung 20: Bild Zuschnittzentrum<sup>71</sup>**

Diese Maschine spart Zeit indem sie eine automatische Längenverstellung für die zu schneidenden Objekte bietet. Zudem errechnet sie aus den vorhandenen Daten die optimale Reihenfolge des Zuschnitts um den Verschnitt zu optimieren und dadurch Material zu sparen.

#### **4.1.3 Crimpwerkzeug**

Hierbei handelt es sich um ein elektrisches Crimpwerkzeug. Die Aufgabe dieses Geräts ist die Aufbringung einer Aderendhülse auf einen Draht. Dieses Gerät übernimmt dabei die Funktion von zwei Arbeitsschritten. Erstens muss die Ader nicht vorher abisoliert werden und zweitens erfolgt automatisch das Crimpen der Aderendhülse auf die Ader. Diese beiden unterschiedlichen Arbeitsgänge passieren mit diesem Gerät in einem Arbeitsgang.

---

<sup>71</sup> Vgl. Rittal GmbH & Co. KG, [http://www.rittal.com/dk-dk/content/da/unternehmen/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung\\_detail\\_35136.jsp](http://www.rittal.com/dk-dk/content/da/unternehmen/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung_detail_35136.jsp) (04.07.2016).



**Abbildung 21 : Bild Crimpwerkzeug<sup>72</sup>**

Durch dieses Gerät ist eine 75-prozentige Zeiteinsparung bei der Anbringung von Aderendhülsen im Schaltschrankbau möglich. Dies resultiert aus der Einsparung eines Arbeitsschrittes der bei konventioneller Bearbeitung nötig ist.

## **4.2 Bearbeitungszentrum**

### **4.2.1 Einordnung in den Herstellungsprozess**

Die Verwendung des Bearbeitungszentrums ist im Prozess der Schaltschrankfertigung dem Grundaufbau zuzuordnen. Aus den CAD-Daten aus der Aufbauplanung erstellt werden können alle benötigten Ausschnitte und Bohrungen generiert werden. Diese werden vollautomatisch von der Maschine in die einzelnen Bleche geschnitten bzw. gebohrt. Die einzige Arbeit für den Arbeiter entsteht dabei im Einlegen der einzelnen Schrankbauteile.

### **4.2.2 Bestimmung der Ausgangsdaten**

Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit einer solchen Maschine wurde ein Angebot eingeholt. Dieses ergibt einen Kaufpreis für die Maschine von 100 000 €.

Für die Ausgangsdaten des Schaltschranks wird ein Schaltschrank mit zwei Feldern verwendet. Dieser Aufbau wird meist für unsere Maschinen verwendet. Diese werden zwar alle

---

<sup>72</sup> Vgl. PHOENIX CONTACT Deutschland GmbH, [https://www.phoenixcontact.com/assets/images\\_pr/product\\_photos/large/61472\\_1000\\_int\\_04.jpg](https://www.phoenixcontact.com/assets/images_pr/product_photos/large/61472_1000_int_04.jpg) (04.06.2016).

sehr ähnlich aufgebaut, jedoch ergeben sich für fast jeden Schaltschrank kleine Unterschiede.

Die erste mechanische Bearbeitung die das Bearbeitungszentrum eines solchen Schrankes erledigen würde, ist der Ausschnitt für das Kühlgerät zur Montage in der Schaltschranktür. Möglich ist auch die Montage eines Kühlgerätes auf dem Dach des Schaltschranks.



**Abbildung 22 : Innen- und Außenansicht Tür mit Kühlgerät<sup>73</sup>**

---

<sup>73</sup> Eigene Darstellung.

Der nächste Bearbeitungsschritt wäre der Ausschnitt für den Hauptschalter. Dieser wird immer in einer Tür ausgeschnitten.



**Abbildung 23: Innen- und Außenansicht Tür mit Hauptschalter<sup>74</sup>**

---

<sup>74</sup> Eigene Darstellung.

Danach erfolgt die Bearbeitung der Seitenwand. In der Seitenwand müssen die Ausschnitte für ein Bediendisplay der Anlage, ein Identifikationssystem und einer Steckdose gemacht werden. Ebenso werden hier Bohrungen für Bedientaster gemacht.



**Abbildung 24: Innen- und Außenansicht Seitenwand<sup>75</sup>**

---

<sup>75</sup> Eigene Darstellung.

Die letzte Bearbeitung der Außenseite des Schaltschranks beschäftigt sich mit dem zweiten Dachblech. Hier müssen Löcher für Kabeldurchführungen und Bremswiderstände gebohrt werden.



76

**Abbildung 25: Außenansicht Dachblech mit Bremswiderstand**

---

<sup>76</sup> Eigene Darstellung.



Im Inneren des Schaltschranks müssen die beiden Montageplatten bearbeitet werden. Hier müssen zur Befestigung der Bauteile verschiedenste Löcher gebohrt und Gewinde geschnitten werden.



**Abbildung 26: Ansicht Montageplatte mit Bauteile<sup>77</sup>**

Für die Bearbeitung auf dem Bearbeitungszentrum wird pro Bauteil mit 20 Minuten gerechnet. Wovon in etwa fünf Minuten für die Programmierung bzw. das Laden der Daten benötigt

---

<sup>77</sup> Eigene Darstellung.

werden. Zudem braucht es jeweils eine Minute um das Bauteil zu spannen bzw. zu entspannen. Somit haben wir sechs Bauteile die mechanisch mit dem Bearbeitungszentrum bearbeitet werden. Die Maschine benötigt dafür 120 Minuten, wobei nur 42 Minuten ein Arbeiter an der Maschine benötigt wird.

Im Gegensatz dazu wird für die manuelle Bearbeitung aller Bauteile in etwa fünf Stunden benötigt. Das heißt es werden über vier Stunden an Arbeitszeit für die mechanische Bearbeitung eingespart.

Für die Berechnung des Stundenlohns wird ein durchschnittlicher Bruttolohn von 2750 Euro angenommen. Dies entspricht in etwa 25 Euro pro Stunde die ein Arbeiter dem Arbeitgeber kostet.

Werkzeuge werden in diese Berechnung nicht mit einbezogen, da die Bearbeitung mit der Maschine dieselben Standardwerkzeuge benötigt wie für die manuelle Bearbeitung. Für den Betrieb und die Wartung der Anlage werden jährlich 2000 Euro angesetzt.

Der kalkulatorische Zinssatz ist bei der 3CON Anlagenbau GmbH für Investitionen in stationäre Fräsmaschinen auf 6 % festgesetzt. Zudem wird eine Nutzungsdauer von 15 Jahren angenommen. Zu diesem Zeitpunkt wird von keinem Restwert mehr ausgegangen.

Als Basis für die Anzahl der Schaltschränke pro Jahr wird der Verbrauchswert des Jahres 2015 verwendet. Im Jahr 2015 wurden 81 Schaltschränke gebaut. Jedoch ist für die künftigen Jahre mehr Auslastung geplant. Daher wird für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein etwa zehn Prozent höherer Wert von 90 Schaltschränken pro Jahr geplant.

Da weitere Niederlassungen der 3CON Anlagenbau GmbH mit Produktionskapazitäten geplant sind, jedoch der Schaltschrankbau zentral in Ebbs bleiben soll, wird eine zweite Wirtschaftlichkeitsberechnung mit einer jährlichen Steigerung der Anzahl der Schaltschränke um zwei Prozent berechnet. Folgende Tabelle zeigt dann die jährlich produzierten Schaltschränke.

Jahr	Anzahl
1	90
2	92
3	94
4	96
5	97
6	99
7	101
8	103
9	105
10	108
11	110
12	112
13	114
14	116
15	119

**Tabelle 5 : Anzahl der produzierten Schaltschränke mit zwei-prozentiger Steigerung<sup>78</sup>**

Die Angaben in übersichtlicher Form sind in nachfolgender Tabelle ersichtlich.

Anschaffungskosten	100000	Euro
Arbeitszeit mit Maschine	42	Minuten
Arbeitszeit manuelle Bearbeitung	300	Minuten
Stundensatz	25	Euro / Stunde
Wartungskosten	2000	Euro / Jahr
Kalkulatorische Zinsen	6	Prozent
Abschreibungsdauer	15	Jahre
Restwert	0	Euro
Anzahl der Schaltschränke	90	Stück / Jahr

**Tabelle 6: Ausgangsdaten Bearbeitungszentrum<sup>79</sup>**

---

<sup>78</sup> Eigene Darstellung.

<sup>79</sup> Eigene Darstellung.

### 4.2.3 Berechnungen

#### 4.2.3.1 Kostenvergleichsrechnung mit konstanter Anzahl der Schaltschränke

Als erstes erfolgt eine Wirtschaftlichkeitsrechnung auf Basis einer Kostenvergleichsrechnung. Hierfür werden jeweils die Kosten für die Bearbeitung mit der Maschine und die manuelle Bearbeitung berechnet.

Zuerst wird die Berechnung der Kosten bei manueller Bearbeitung der Schaltschränke durchgeführt. Hier sind nur variable Kosten anzusetzen. Diese werden verursacht durch die Arbeitszeit die für die manuelle Bearbeitung gebraucht wird. Wie folgende Rechnung zeigt ergeben sich dadurch jährliche Kosten von 13500 Euro.

$$K_{Man} = kv * x$$

$$K_{Man} = \frac{300}{60} * 25 * 90$$

$$K_{Man} = 11250,00 \text{ €}$$

Für die Berechnung der jährlichen Kosten mit maschineller Bearbeitung werden auch die kalkulatorischen Zinsen und die kalkulatorischen Abschreibungen eingerechnet.

$$K_{Masch} = \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + kv * x + KF$$

$$K_{Masch} = \frac{100000 - 0}{15} + \frac{100000 + 0}{2} * 0,06 + \frac{42}{60} * 25 * 90 + 2000$$

$$K_{Masch} = 13241,67 \text{ €}$$

#### 4.2.3.2 Kapitalbarwertmethode mit konstanter Anzahl der Schaltschränke

Als Nächstes wird die Kapitalbarwertmethode zur Wirtschaftlichkeitsrechnung herangezogen. Da wir eine reine kostenbasierte Betrachtung hier anstellen, wird nur mit den Auszahlungen gerechnet. Das heißt es wird mit negativen Überschüssen gerechnet. Da mit konstanter Anzahl an produzierten Schaltschränken und somit gleichbleibenden Überschüssen gerechnet wird, kann folgende Formel verwendet werden.

$$C_0 = \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$$C_{0\ Man} = \left( -\frac{300}{60} * 25 * 90 \right) * \frac{1,06^{15} - 1}{1,06^{15} * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^{15}} - 0$$

$$C_{0\ Man} = -109262,80 \text{ €}$$

$$C_{0\ Masch} = \left( -\frac{42}{60} * 25 * 90 - 2000 \right) * \frac{1,06^{15} - 1}{1,06^{15} * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^{15}} - 100000$$

$$C_{0\ Masch} = -134721,21 \text{ €}$$

#### 4.2.3.3 Kostenvergleichsrechnung mit steigender Anzahl der Schaltschränke

Da die Kostenvergleichsrechnung als statisches Investitionsrechenverfahren keine sich über die Perioden ändernde Kosten erfassen kann wird mit der mittleren Anzahl an produzierten Schaltschränken gerechnet. Dies ergibt eine Anzahl von 104 Schaltschränken im Jahr.

$$K_{Man} = kv * x$$

$$K_{Man} = \frac{300}{60} * 25 * 104$$

$$K_{Man} = 13000,00 \text{ €}$$

$$K_{Masch} = \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + kv * x + KF$$

$$K_{Masch} = \frac{100000 - 0}{15} + \frac{100000 + 0}{2} * 0,06 + \frac{42}{60} * 25 * 104 + 2000$$

$$K_{Masch} = 13486,67 \text{ €}$$

#### 4.2.3.4 Kapitalbarwertmethode mit steigender Anzahl der Schaltschränke

$$C_0 = \frac{\ddot{u}_1}{q^1} + \frac{\ddot{u}_2}{q^2} + \dots + \frac{\ddot{u}_n}{q^n} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$$C_{0\text{ Man}} = -\frac{\frac{300}{60} * 25 * 90}{1,06^1} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 92}{1,06^2} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 94}{1,06^3} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 96}{1,06^4} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 97}{1,06^5} \\ - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 99}{1,06^6} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 101}{1,06^7} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 103}{1,06^8} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 105}{1,06^9} \\ - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 108}{1,06^{10}} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 110}{1,06^{11}} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 112}{1,06^{12}} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 114}{1,06^{13}} \\ - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 116}{1,06^{14}} - \frac{\frac{300}{60} * 25 * 119}{1,06^{15}} + \frac{0}{1,06^{15}} - 0$$

$$C_{0\text{ Man}} = -123286,52 \text{ €}$$

$$C_{0\text{ Masch}} = -\frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 90\right) + 2000}{1,06^1} - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 92\right) + 2000}{1,06^2} - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 94\right) + 2000}{1,06^3} \\ - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 96\right) + 2000}{1,06^4} - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 97\right) + 2000}{1,06^5} - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 99\right) + 2000}{1,06^6} \\ - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 101\right) + 2000}{1,06^7} - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 103\right) + 2000}{1,06^8} \\ - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 105\right) + 2000}{1,06^9} - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 108\right) + 2000}{1,06^{10}} \\ - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 110\right) + 2000}{1,06^{11}} - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 112\right) + 2000}{1,06^{12}} \\ - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 114\right) + 2000}{1,06^{13}} - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 116\right) + 2000}{1,06^{14}} \\ - \frac{\left(\frac{42}{60} * 25 * 119\right) + 2000}{1,06^{15}} + \frac{0}{1,06^{15}} - 100000$$

$$C_{0\text{ Masch}} = -136684,61 \text{ €}$$

## 4.3 Zuschnittzentrum

### 4.3.1 Einordnung in den Herstellungsprozess

Ebenso wie das Bearbeitungszentrum ist das Zuschnittzentrum für die Verwendung im Bereich des Grundaufbaus in der Schaltschrankfertigung zu verwenden. Die Aufbauplanung liefert alle benötigten Schienen und Kabelkanäle. Dabei werden die Längen der Bauteile in die Maschine übernommen. Diese werden von der Maschine selbständig eingestellt und der Mitarbeiter, der die Maschine bedient, muss nur noch die Schienen bzw. Kanäle einlegen.

### 4.3.2 Bestimmung der Ausgangsdaten

Der Kaufpreis der Maschine zur Wirtschaftlichkeitsberechnung beträgt laut Angebot 27000 €. Die Laufzeit von 15 Jahren, die kalkulatorischen Zinsen von 6 % und ein Stundensatz von 25 € gilt analog zum Bearbeitungszentrum. Die Anzahl der gebauten Schaltschränke ist ebenso gleich.

Als Grundlage für die Berechnung wird wieder der Standardschrank mit zwei Feldern verwendet. In einem solchen Schrank wird dann unterschieden zwischen den Tragschienen und den Kabelkanälen. Die Tragschienen dienen zum Befestigen der elektronischen Bauteile im Schaltschrank. Diese Schienen haben eine genormte Breite von 35 mm. Es gibt jedoch zwei Ausführungen mit unterschiedlicher Tiefe. Die Kleinere hat eine Tiefe von 7,5 mm und die Größere ist 15 mm tief. Im Schaltschrankbau werden grundsätzlich die Tragschienen mit einer Tiefe von 15 mm verwendet.



Abbildung 27: Tragschiene<sup>80</sup>

---

<sup>80</sup> Vgl. Weidmüller Interface GmbH & Co. KG, <http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=de&ObjectID=0514500000> (24.06.2016).

Die Kabelkanäle werden in verschiedenen Breiten verwendet. Dies hängt von der Anzahl und der Dicke der Drähte ab, die in dem Kabelkanal verlegt werden. Die gängigsten Breiten sind 25 mm, 40 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm und 120 mm.



**Abbildung 28: Kabelkanal<sup>81</sup>**

Bei der manuellen Bearbeitung der Tragschienen ohne Einsatz eines Zuschnittszentrums muss der Arbeiter die Länge jeder Tragschiene der Aufbauplanung entnehmen und an der Schiene anzeichnen. Danach wird die Tragschiene mit einem Winkelschleifer oder einer Stanze auf die richtige Länge gebracht. Dafür werden in etwa pro Schiene zwei Minuten benötigt. Für einen Schaltschrank werden im Schnitt etwa 20 Tragschienen benötigt. Das heißt ein Arbeiter braucht 40 Minuten für die Bearbeitung der Tragschienen.

Genau dieselben Arbeitsschritte werden bei Bearbeitung der Kabelkanäle durchgeführt. Diese werden jedoch mit einer Schneidevorrichtung auf die richtige Länge gebracht. Jedoch müssen bei den Kabelkanälen ebenfalls die Deckel abgeschnitten werden. Dies ist aber nicht in einem Arbeitsgang machbar, daher wird für die Bearbeitung eines Kabelkanals eine Zeit von drei Minuten gebraucht. In einem Schaltschrank werden ca. 25 Kabelkanäle unterschiedlicher Breite eingebaut. Dies entspricht einer Arbeitsdauer von 75 Minuten für die Kabelkanäle. Zusammen mit den Tragschienen ergibt sich eine manuelle Gesamtbearbeitungszeit von 115 Minuten.

Wird die Bearbeitung mit dem Zuschnittszentrum durchgeführt ergeben sich mehrere Vorteile. Zum einen erfolgt durch die Software und den CAD-Daten eine Verschnittoptimierung. Diese Einsparung macht aufgrund der geringen Kosten der Bauteile jedoch nicht viel aus. Ein viel größerer Vorteil ergibt sich in der geführten Vorgehensweise bei der Bearbeitung der Schienen und Kabelkanäle. Es wird auf dem Bildschirm das nächste zu bearbeitende Material angezeigt. Der Arbeiter muss nur noch die Tragschiene oder den Kabelkanal einlegen und an den Anschlag schieben. Dieser Anschlag wird von der Software des Zuschnittszentrums gesteuert und vermeidet dadurch Fehler und Ungenauigkeiten. Dadurch reduziert sich die Bearbeitungszeit für den Arbeiter auf 40 Sekunden pro Tragschiene oder Kabelkanal. Dies ergibt als Gesamtarbeitszeit für die 20 Tragschienen und den 25 Kabelkanäle eine

---

<sup>81</sup> Vgl. Hager Electro Ges.m.b.H., <http://www.hager.at/e-katalog-neuheiten/kabelkanalsysteme/verdrahtungskalsysteme-pvc/tehalit.ba7-kanaele/ba780100/122485.htm> (25.06.2016).



Zeit von 30 Minuten und eine Einsparung von 85 Minuten gegenüber der manuellen Bearbeitung.

Für den Betrieb der Maschine werden jährlich 400 € als Wartungskosten angesetzt. Diese beinhalten ebenso die Werkzeuge die für das Ablängen der Bauteile benötigt werden.

Die Ausgangsdaten sind zusammengefasst in Tabelle 7.

Anschaffungskosten	27000	Euro
Arbeitszeit mit Maschine	30	Minuten
Arbeitszeit manuelle Bearbeitung	115	Minuten
Stundensatz	25	Euro / Stunde
Wartungskosten	400	Euro / Jahr
Kalkulatorische Zinsen	6	Prozent
Abschreibungsdauer	15	Jahre
Restwert	0	Euro
Anzahl der Schaltschränke	90	Stück / Jahr

**Tabelle 7: Ausgangsdaten Zuschnittzentrum<sup>82</sup>**

### 4.3.3 Berechnungen

#### 4.3.3.1 Kostenvergleichsrechnung mit konstanter Anzahl der Schaltschränke

$$K_{Man} = kv * x$$

$$K_{Man} = \frac{115}{60} * 25 * 90$$

$$K_{Man} = 4312,50 \text{ €}$$

---

<sup>82</sup> Eigene Darstellung.

$$K_{Masch} = \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + kv * x + KF$$

$$K_{Masch} = \frac{27000 - 0}{15} + \frac{27000 + 0}{2} * 0,06 + \frac{30}{60} * 25 * 90 + 400$$

$$K_{Masch} = 4135,00 \text{ €}$$

#### 4.3.3.2 Kapitalbarwertmethode mit konstanter Anzahl der Schaltschränke

$$C_0 = \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$$C_{0\ Man} = \left( -\frac{115}{60} * 25 * 90 \right) * \frac{1,06^{15} - 1}{1,06^{15} * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^{15}} - 0$$

$$C_{0\ Man} = -41884,07 \text{ €}$$

$$C_{0\ Masch} = \left( -\frac{30}{60} * 25 * 90 - 400 \right) * \frac{1,06^{15} - 1}{1,06^{15} * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^{15}} - 27000$$

$$C_{0\ Masch} = -46181,69 \text{ €}$$

#### 4.3.3.3 Kostenvergleichsrechnung mit steigender Anzahl der Schaltschränke

$$K_{Man} = kv * x$$

$$K_{Man} = \frac{115}{60} * 25 * 104$$

$$K_{Man} = 4983,33 \text{ €}$$

$$K_{Masch} = \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + kv * x + KF$$

$$K_{Masch} = \frac{27000 - 0}{15} + \frac{27000 + 0}{2} * 0,06 + \frac{30}{60} * 25 * 104 + 400$$

$$K_{Masch} = 4310,00 \text{ €}$$

#### 4.3.3.4 Kapitalbarwertmethode mit steigender Anzahl der Schaltschränke

$$C_0 = \frac{\ddot{u}_1}{q^1} + \frac{\ddot{u}_2}{q^2} + \dots + \frac{\ddot{u}_n}{q^n} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$$C_{0\text{ Man}} = -\frac{\frac{115}{60} * 25 * 90}{1,06^1} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 92}{1,06^2} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 94}{1,06^3} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 96}{1,06^4} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 97}{1,06^5} \\ - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 99}{1,06^6} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 101}{1,06^7} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 103}{1,06^8} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 105}{1,06^9} \\ - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 108}{1,06^{10}} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 110}{1,06^{11}} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 112}{1,06^{12}} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 114}{1,06^{13}} \\ - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 116}{1,06^{14}} - \frac{\frac{115}{60} * 25 * 119}{1,06^{15}} + \frac{0}{1,06^{15}} - 0$$

$$C_{0\text{ Man}} = -47259,83 \text{ €}$$

$$C_{0\text{ Masch}} = -\frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 90\right) + 400}{1,06^1} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 92\right) + 400}{1,06^2} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 94\right) + 400}{1,06^3} \\ - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 96\right) + 400}{1,06^4} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 97\right) + 400}{1,06^5} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 99\right) + 400}{1,06^6} \\ - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 101\right) + 400}{1,06^7} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 103\right) + 400}{1,06^8} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 105\right) + 400}{1,06^9} \\ - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 108\right) + 400}{1,06^{10}} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 110\right) + 400}{1,06^{11}} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 112\right) + 400}{1,06^{12}} \\ - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 114\right) + 400}{1,06^{13}} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 116\right) + 400}{1,06^{14}} - \frac{\left(\frac{30}{60} * 25 * 119\right) + 400}{1,06^{15}} \\ + \frac{0}{1,06^{15}} - 27000$$

$$C_{0\text{ Masch}} = -43213,55 \text{ €}$$

## 4.4 Crimpwerkzeug

### 4.4.1 Einordnung in den Herstellungsprozess

Das elektrische Crimpwerkzeug wird zur effizienteren Montage von Aderendhülsen verwendet. Aus diesem Grund ist dieses Gerät eindeutig dem Bereich der Verdrahtung zuzuordnen.

### 4.4.2 Bestimmung der Ausgangsdaten

Dieses elektrische Werkzeug ist erhältlich für einen Kaufpreis von 1730 €. Da jedoch für jede Drahtstärke ein eigenes Gerät angeschafft werden muss, werden zwei Geräte zu einem Gesamtpreis von 3460 € benötigt. Diese beiden Geräte würden für die zwei Drahtstärken von 1 mm<sup>2</sup> und 1,5 mm<sup>2</sup> angeschafft.

Die genannten Querschnitte werden zu etwa 80 Prozent in unseren Schaltschränken verbaut. Bei einer durchschnittlichen Anzahl von 600 Verbindungen pro Schaltschrank können also 480 Drähte mit den Crimpwerkzeugen bearbeitet werden. Da die Drähte natürlich beidseitig bearbeitet werden müssen, ergeben sich 960 Crimpstellen in einem Schaltschrank.

Für die manuelle Anbringung einer Aderendhülse braucht ein Arbeiter in etwa 15 Sekunden. Bei der Bearbeitung mit dem Crimpwerkzeug wird nur eine Bearbeitungszeit von 5 Sekunden pro Aderendhülse gebraucht.

Daraus ergibt sich für die manuelle Bearbeitungszeit eines Schaltschranks eine Zeit von 240 Minuten. Für die Bearbeitung mit den Crimpwerkzeugen werden 80 Minuten benötigt.

Die Laufzeit dieses Werkzeug beträgt 4 Jahre, die kalkulatorischen Zinsen von 6 % und der Stundensatz von 25 € gilt analog zu den anderen Investitionsobjekten. Die Anzahl der gebauten Schaltschränke verringert sich auf ein Viertel, da etwa 25 Prozent unserer Kunden die Verwendung von Aderendhülsen in den Schaltschränken vorschreiben.

Als jährliche Wartungskosten wird ein Betrag von 100 € angesetzt, um jährlich neue Akkus bzw. Ersatzteile zu kaufen. Die Materialkosten der Aderendhülsen werden aufgrund von Preisneutralität zwischen denen für die manuelle und für die elektrische Bearbeitung nötigen Aderendhülsen nicht beachtet.

Die Tabelle 8 zeigt zusammengefasst die Ausgangsdaten für die Berechnungen der Crimpwerkzeuge.

Anschaffungskosten	3460	Euro
Arbeitszeit mit Maschine	80	Minuten
Arbeitszeit manuelle Bearbeitung	115	Minuten
Stundensatz	25	Euro / Stunde
Wartungskosten	100	Euro / Jahr
Kalkulatorische Zinsen	6	Prozent
Abschreibungsdauer	4	Jahre
Restwert	0	Euro
Anzahl der Schaltschränke	90 / 4	Stück / Jahr

Tabelle 8: Ausgangsdaten Crimpwerkzeug<sup>83</sup>

#### 4.4.3 Berechnungen

##### 4.4.3.1 Kostenvergleichsrechnung mit konstanter Anzahl der Schaltschränke

$$K_{Man} = kv * x$$

$$K_{Man} = \frac{240}{60} * 25 * 90/4$$

$$K_{Man} = 2250,00 \text{ €}$$

$$K_{Masch} = \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + kv * x + KF$$

$$K_{Masch} = \frac{3460 - 0}{4} + \frac{3460 + 0}{2} * 0,06 + \frac{80}{60} * 25 * 90/4 + 100$$

$$K_{Masch} = 1818,80 \text{ €}$$

---

<sup>83</sup> Eigene Darstellung.

#### 4.4.3.2 Kapitalbarwertmethode mit konstanter Anzahl der Schaltschränke

$$C_0 = \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$$C_{0\ Man} = \left( -\frac{240}{60} * 25 * 90/4 \right) * \frac{1,06^4 - 1}{1,06^4 * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^4} - 0$$

$$C_{0\ Man} = -7796,49 \text{ €}$$

$$C_{0\ Masch} = \left( -\frac{80}{60} * 25 * 90/4 - 100 \right) * \frac{1,06^4 - 1}{1,06^4 * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^4} - 3460$$

$$C_{0\ Masch} = -6405,34 \text{ €}$$

#### 4.4.3.3 Kostenvergleichsrechnung mit steigender Anzahl der Schaltschränke

$$K_{Man} = kv * x$$

$$K_{Man} = \frac{240}{60} * 25 * 93/4$$

$$K_{Man} = 2325,00 \text{ €}$$

$$K_{Masch} = \frac{A - RW}{n} + \frac{A + RW}{2} * i + kv * x + KF$$

$$K_{Masch} = \frac{3460 - 0}{4} + \frac{3460 + 0}{2} * 0,06 + \frac{80}{60} * 25 * 93/4 + 100$$

$$K_{Masch} = 1843,80 \text{ €}$$

#### 4.4.3.4 Kapitalbarwertmethode mit steigender Anzahl der Schaltschränke

$$C_0 = \frac{\ddot{u}_1}{q^1} + \frac{\ddot{u}_2}{q^2} + \dots + \frac{\ddot{u}_n}{q^n} + \frac{L}{q^n} - a_0$$

$$C_{0\text{ Man}} = -\frac{\frac{240}{60} * 25 * 90/4}{1,06^1} - \frac{\frac{240}{60} * 25 * 92/4}{1,06^2} - \frac{\frac{240}{60} * 25 * 94/4}{1,06^3} - \frac{\frac{240}{60} * 25 * 96/4}{1,06^4} + \frac{0}{1,06^4} - 0$$

$$C_{0\text{ Man}} = -8043,76 \text{ €}$$

$$C_{0\text{ Masch}} = -\frac{\left(\frac{80}{60} * 25 * 90/4\right) + 100}{1,06^1} - \frac{\left(\frac{80}{60} * 25 * 92/4\right) + 100}{1,06^2} - \frac{\left(\frac{80}{60} * 25 * 94/4\right) + 100}{1,06^3} - \frac{\left(\frac{80}{60} * 25 * 96/4\right) + 100}{1,06^4} + \frac{0}{1,06^4} - 3460$$

$$C_{0\text{ Masch}} = -6487,77 \text{ €}$$

## 4.5 Wirtschaftliche Betrachtung der Ergebnisse

In den nachfolgenden Tabellen sind die Ergebnisse der einzelnen Berechnungen ersichtlich. Das bessere Ergebnis der jeweiligen Berechnungen ist grün markiert.

<u>Bearbeitungszentrum</u>		manuelle Bearbeitung	maschinelle Bearbeitung
<b>Kostenvergleichs- rechnung</b>	konstante Stückzahl	11.250,00 €	13.241,67 €
	steigende Stückzahl	13.000,00 €	13.486,67 €
<b>Kapitalbarwert- methode</b>	konstante Stückzahl	-109.262,80 €	-134.721,21 €
	steigende Stückzahl	-123.286,52 €	-136.684,61 €

Tabelle 9: Ergebnisse Berechnungen Bearbeitungszentrum<sup>84</sup>

<sup>84</sup> Eigene Darstellung.

Bei Betrachtung der Ergebnisse erkennt man eindeutig die steigende Wirtschaftlichkeit der Investition bei steigenden Produktionszahlen. Die Ergebnisse der Berechnungen für das Bearbeitungszentrum zeigen jedoch eindeutig, dass die manuelle Bearbeitung die wirtschaftlichere und somit kostengünstigere Variante ist. Aus der Sicht des Unternehmens spart man nach der Kostenvergleichsrechnung etwa 2000 € pro Jahr bei der derzeit produzierten Anzahl von Schaltschränken. Zwar wird die Differenz kleiner mit steigenden Produktionszahlen, jedoch würde sich die Investition von 100000 € für das Bearbeitungszentrum mit den derzeitigen Zukunftsplänen der Firma für die nächsten 15 Jahre nicht auszahlen.

<b><u>Zuschnittzentrum</u></b>		<b>manuelle Bearbeitung</b>	<b>maschinelle Bearbeitung</b>
<b>Kostenvergleichs- rechnung</b>	konstante Stückzahl	4.312,50 €	4.135,00 €
	steigende Stückzahl	4.983,33 €	4.310,00 €
<b>Kapitalbarwert- methode</b>	konstante Stückzahl	-41.884,07 €	-41.811,18 €
	steigende Stückzahl	-47.259,83 €	-43.213,55 €

**Tabelle 10: Ergebnisse Berechnungen Zuschnittzentrum<sup>85</sup>**

Anders sieht es bei den Ergebnissen der Berechnungen für das Zuschnittzentrum aus. Hier zeigen die Zahlen eine durchgehende Wirtschaftlichkeit an. Das heißt mit den vorgegebenen Daten ist eine Investition in das Zuschnittzentrum für eine maschinelle Bearbeitung immer kostengünstiger als die manuelle Bearbeitung der Tragschienen und Kabelkanäle. Betrachtet man aber vor allem die Ergebnisse für die Produktion der konstanten Stückzahl genauer, erkennt man sehr geringe Unterschiede. Vor allem die Differenz der beiden Kapitalbarwerte für die Bearbeitung ohne bzw. mit Maschine ergibt nur eine Abweichung von etwas über 70 €. Werden allerdings die steigenden Stückzahlen betrachtet, so ergibt sich ein deutlicher Unterschied von ca. 10 Prozent zugunsten der maschinellen Bearbeitung. Das heißt hier ist es eine schwierigere Entscheidung für das Unternehmen, da natürlich für diese Ergebnisse die Annahmen und Produktionszahlen für die nächsten 15 Jahre geschätzt wurden.

---

<sup>85</sup> Eigene Darstellung.



<b><u>Crimpwerkzeug</u></b>		<b>manuelle Bearbeitung</b>	<b>maschinelle Bearbeitung</b>
<b>Kostenvergleichs- rechnung</b>	konstante Stück- zahl	2.250,00 €	1.818,80 €
	steigende Stück- zahl	2.325,00 €	1.843,80 €
<b>Kapitalbarwert- methode</b>	konstante Stück- zahl	-7.796,49 €	-6.405,34 €
	steigende Stück- zahl	-8.043,76 €	-6.487,77 €

Tabelle 11: Ergebnisse Berechnungen Crimpwerkzeug<sup>86</sup>

Wie schon beim Zuschnittzentrum ist bei allen Berechnungsvarianten auch der Einsatz der elektrischen Crimpwerkzeuge wirtschaftlicher als die manuelle Bearbeitung mit konventionellen Werkzeugen. Hier ergibt sich ein Kostenvorteil von über 400 € bei gleichbleibender Anzahl von produzierten Schaltschränken. Dies ergibt ein Einsparungspotential von ca. 19 %. Hier ist es einfacher eine Entscheidung aufgrund der Wirtschaftlichkeit zugunsten der Investition zu treffen. Dies vor allem dadurch, dass für dieses Werkzeug nur Produktionszahlen für die nächsten vier Jahre angenommen werden müssen.

---

<sup>86</sup> Eigene Darstellung.



## 5 Schluss

### 5.1 Ergebnis

Wie aus der wirtschaftlichen Betrachtung ersichtlich, ist es schwierig eindeutige Entscheidungen bezüglich der Investitionen zu treffen. Klar ist jedoch, dass eine Investition in das Bearbeitungszentrum in der jetzigen Situation des Unternehmens nicht wirtschaftlicher ist, als die manuelle Bearbeitung aller Schaltschrankteile. Dies resultiert vor allem durch den hohen Anschaffungspreis dieses Investitionsobjekts und den aus derzeitigen Planungen zu niedrigen Stückzahlen.

Anders sieht es bei einer Investition in das Zuschnittzentrum aus. Mit den gegebenen Ausgangsdaten würde sich bei den derzeitig produzierten Stückzahlen eine Einsparung nach der Kostenvergleichsrechnung von etwas weniger als 200 € pro Jahr ergeben. Sollten sich die Stückzahlen jedoch nach Plan erhöhen wäre hier eine Einsparung von etwas über 650 € pro Jahr möglich. Dies würde im Schnitt monatlich etwa 54 € entsprechen. Dies wäre aus Sicht der langen Planungszeit von 15 Jahren sehr wenig. Noch deutlicher zeigen dies die Berechnungen nach der Kapitalbarwertmethode. Hier würde bei den derzeitigen Stückzahlen über die nächsten 15 Jahre nur eine Einsparung von ca. 70 € möglich sein. Bei steigenden Stückzahlen für die nächsten 15 Jahre würde sich die Kostensenkung auf etwa 4000 € belaufen. Dies entspricht einer jährlichen Einsparung von ca. 270 € pro Jahr bzw. etwa 22 € pro Monat. Dies ist für eine solch langfristige Investition aus Sicht des Unternehmens zu wenig. Jedoch würde sich durch die Investition in das Zuschnittzentrum bei einer Produktion von 90 Schaltschränken pro Jahr eine Arbeitszeiterparnis von 127,5 Stunden ergeben. Dies würde bei einer 38,5 Stunden Arbeitswoche ca. 17 Tage einsparen. Daher spricht auch dies nicht für eine Investition in das Zuschnittzentrum.

Die Ergebnisse der elektronischen Crimpwerkzeuge sprechen jedoch eindeutig für eine Investition in dieses Objekt. Schließlich erreicht man nach der Kostenvergleichsrechnung mit konstanten Stückzahlen in Höhe der derzeitigen Produktionskapazitäten eine Einsparung von ca. 330 € pro Jahr. Diese Einsparung wird auch größer mit steigenden Stückzahlen. Auch der Kapitalbarwert zeigt dieses Einsparungspotential. So ist der Kapitalbarwert bei konstanten Stückzahlen unter Berücksichtigung der Investition um etwa 1390 € höher als bei der manuellen Bearbeitung der Adern. Zusätzlich zu den finanziellen Vorteilen bei einer Investition in das elektronische Crimpwerkzeug ist eine zeitliche Einsparung von 160 Minuten pro bearbeitetem Schaltschrank möglich. Dieses Investitionsobjekt ist bei dem kurzen Planungshorizont von vier Jahren und der sehr geringen Anschaffungskosten im Vergleich zu den Einsparungsmöglichkeiten sehr lohnenswert.

## 5.2 Maßnahmen

In Anbetracht der Ergebnisse sind jeweils unterschiedliche Maßnahmen in Bezug auf die drei Investitionsobjekte zu treffen.

Das Bearbeitungszentrum ist nach allen Berechnungs- und Planungsvarianten im Moment keine sinnvolle Investition zur Kostensenkung in der Schaltschrankfertigung. Daher ist in nächster Zeit ganz klar keine Investition in eine solche Maschine zu tätigen.

Beim Zuschnittzentrum wird aufgrund der sehr geringen Einsparungsmöglichkeiten bei einem sehr kleinen Einsparungspotential vorläufig auf den Kauf einer solchen Maschine verzichtet. Da aber bei diesem Gerät im Gegensatz zum Bearbeitungszentrum Potential zur Kostensenkung gegeben ist, werden die Wirtschaftlichkeitsberechnungen nach einem Jahr mit aktualisierten Planungsvorgaben wiederholt. Daher wird eine Entscheidung für eine Investition in diese Maschine aufgeschoben.

Das elektronische Crimpwerkzeug hingegen wird sofort gekauft. Von allen drei Investitionsobjekten ist es das Gerät mit dem höchsten Einsparungspotential. Dies kommt vor allem von den sehr geringen Anschaffungskosten. Ebenso spricht natürlich für diese Maschine der kurze Planungszeitraum, der für die Berechnungen herangezogen werden muss. Dadurch verringert sich das Risiko bezüglich der Abweichungen über die nächsten paar Jahre.

## Literatur

- Becker (2004)                      Becker, Hans Paul: „Investieren und Finanzieren“ Seite 165–198 in „Gablers Wirtschaftswissen für Praktiker“, Hrsg. Irgel, Lutz, Wiesbaden, Gabler Verlag, 2009
- Blohm / Lüder /  
Schaefer (2012),                      Blohm, Hans / Lüder, Klaus / Schaefer, Claudia: „Investition“, München, Verlag Franz Vahlen GmbH, 2012
- Domschke / Scholl  
(2005)                                  Domschke, Wolfgang / Scholl, Armin: „Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre“, Heidelberg / Berlin, Springer-Verlag, 2005
- Eplan Software &  
Service GmbH & Co.  
KG                                      <http://www.eplan.at/at-de/unternehmen/news/alle-news/view/article/keine-inselloesung-mehr-1>, verfügbar am 10.12.2015
- Hager Electro  
Ges.m.b.H                              <http://www.hager.at/e-katalog-neuheiten/kabelkanalsysteme/verdrahtungskanalsysteme-pvc/tehalit.ba7-kanaele/ba780100/122485.htm>, verfügbar am 25.06.2016
- Härdler (2012)                      Härdler, Jürgen: „Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure: Lehr- und Praxisbuch“, München, Carl Hanser Verlag, 2012
- Horst (2009)                              Horst, Klaus W. ter: „Investition“, Stuttgart, Verlag W. Kohlhammer, 2009
- KNIPEX-Werk                              „Anwendung“, [http://www.knipex.de/index.php?id=1216&L=0&page=group\\_detail&parentID=1299&groupID=1308&artID=3959](http://www.knipex.de/index.php?id=1216&L=0&page=group_detail&parentID=1299&groupID=1308&artID=3959), verfügbar am 24.06.2016

- Kruschwitz (2014)      Kruschwitz, Lutz: „Investitionsrechnung“, München, Oldenburg Wissenschaftsverlag, 2014
- Olfert (2012)      Olfert, Klaus: „Investition“, Neckargemünd, Kiehl Verlag, 2012
- PHOENIX CONTACT  
Deutschland GmbH      [https://www.phoenixcontact.com/assets/images\\_pr/product\\_photos/large/61472\\_1000\\_int\\_04.jpg](https://www.phoenixcontact.com/assets/images_pr/product_photos/large/61472_1000_int_04.jpg), verfügbar am 04.06.2016
- Poggensee (2015)      Poggensee, Kay: „Investitionsrechnung“, Wiesbaden, Springer-Verlag, 2015
- Rautenberg (1993)      Rautenberg, Hans Günter: „Finanzierung und Investition“, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1993
- Rittal GmbH      „Technik im Detail“, <http://www.rittal.com/at-de/product/show/variantdetail.action?productID=3383500#IGCMS43> verfügbar am 08.12.2015
- Rittal GmbH      [http://www.rittal.com/com\\_en/rittal-automation-systems/perforex-bc1007.php?lng=de](http://www.rittal.com/com_en/rittal-automation-systems/perforex-bc1007.php?lng=de), verfügbar am 24.06.2016
- Rittal GmbH & Co.  
KG      [http://www.rittal.com/dk-dk/content/da/unternehmen/presse/pressemeldungen/pressemeldung\\_detail\\_35136.jsp](http://www.rittal.com/dk-dk/content/da/unternehmen/presse/pressemeldungen/pressemeldung_detail_35136.jsp), verfügbar am 24.06.2016
- Thommen      Thommen, Jean-Paul: „Allgemeine Betriebswirtschaftslehre“, in „Gabler Wirtschaftslexikon“, Hrsg. Springer Gabler Verlag, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/3151/allgemeine-betriebswirtschaftslehre-v5.html>, verfügbar am 24.06.2016
- Thommen / Achleitner  
(2012)      Thommen, Jean-Paul / Achleitner, Ann-Kristin: „Allgemeine Betriebswirtschaftslehre“ Wiesbaden, Gabler Verlag, 2012

- Urbatsch (2003)      Urbatsch, René-Claude: „Konventionelle Investitionsentscheidungsrechenverfahren - kritischer Vergleich unter besonderer Berücksichtigung des vollständigen Finanzplanes“, Mittweida, Diskussionspapier hrsg. vom Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences, 2003, in der aktuellen Fassung, Juli 2011
- Weidmüller Interface GmbH & Co. KG      <http://catalog.weidmueller.com/catalog/Start.do?localeId=de&ObjectID=0514500000>, verfügbar am 24.06.2016
- 3CON Anlagenbau GmbH      <http://3con.de/Unternehmen/Historie>, verfügbar am 23.06.2016
- 3CON Anlagenbau GmbH      <http://3con.de/Downloads/Bildmaterial>, verfügbar am 23.06.2016
- 3CON Anlagenbau GmbH      Logo blau RGB, <http://3con.de/Downloads/Bildmaterial>, verfügbar am 23.06.2016





## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ellmau, im Juli 2016

Manuel Kröll